"COTOPAXI"

Informe Geológico

COTOPAXI

INFORME GEOLOGICO

1972

ARQ. RAUL PAREDES R.

COTOPAXI

Por: Hradecká L., Hradecký P., Kruta M., Lysenko V., Mlcoch B., Paulo A.

Traducido por: Dr. Betesová
Embajada del Perú.

FRANKLIN VELASCO GARCES

C O T O P A X I

INFORME FINAL DEL GRUPO DE LOS GEOLOGOS

Hradecká L., Hradecký P., Kruta M., Lysenko V., Mlcoch B., Paulo A.

Traducido por Dr. Betesová, Embaja da del Perú.

Páginas :

LA [illegible] GEOLOGICA DEL VOLCAN COTOPAXI EN EL ECUADOR

Hecho por la expedición checo-polaca en el año 1972.

INTRODUCCION

La idea de organizar la expedición geológica al volcán activo más alto del mundo, Cotopaxi /5.897 m/ nació en el año -- 1969 dentro del grupo de geólogos-andinistas, reunidos en la Asociación alpinista de la "Unión para la protección de la naturaleza y de la región". El patrocinio administrativo sobre la TIS -Unión para la defensa de la naturaleza y de la región, y el Ministerio de Cultura de la República Socialista Checa, el patrocinio técnico-especial sobre la investigación geológica - tomó el Instituto Central de Geología y el Buró Central de Geología. La expedición se realizó en verano de 1972 depués de - tres años de preparaciones administrativas y técnica.

Trece personas, once Checoslovacos y dos Polacos participaron en la expedición. El grupo de geólogos que fué el más - grande /Dr. Hradecký, Kradecká, geólogo - G. Ginzel, Kruta, -- geólogo - Lysenko, geólogo - B. Mlcoch y Dr. Paule / ha sido - completado por un fotógrafo /ing. Hales/, un operador cinematográfico/ P. Pólak/, un químico/ J. Dobrzynski/ y un publicista /B. Braun/. Dirigió la expedición el etnógrafo ing. Mnislav - Zeleny, el que, igual que el psicólogo Gabriela Zoubková, efectuó su propio programa de investigaciones, independiente de -- las actividades del grupo de los geólogos.

La mayor parte del tiempo disponible para el trabajo de la expedición fue dedicada a la investigación del volcán Cotopaxi. Entre el 9 de Julio hasta fines de Agosto un grupo de once -- miembros, bajo la dirección del geólogo Kruta ha trabajado en la región de Cotopaxi /efectuando ing. Zeleny y P. Pólak sus - trabajos durante este período en el Oriente/. Los geólogos -- han sido divididos en dos grupos. Uno, bajo la dirección de - Dr. Hradecký efectuaba el mapeo geológico de los alrededores

tativo del volcán Cotopaxi en la escala 1: 50.000. Durante las excursiones que duraban uno o más días, encontrándose el punto de salida en la altitud de 3.800 metros sobre el nivel del mar /campamento de base Limpio Pungo/, los grupos debían superar la diferencia de altitud de 1.000 metros aproximada-mente. El grupo dirigido por el geólogo Lysenko realizó un mapa geomorfológico en igual escala. A parte de estos objetivos fundamentales, J. Dobrzynski procedió los análisis de las aguas manantes en los alrededores del Cotopaxi y el geólogo Lysenko se dedicó a las mediciones climatológicas.

Durante los trabajos de mapeo los miembros de la expedición subieron dos veces a la cumbre y después de haber terminado el mapeo de la región hasta el límite de las nieves perpetuas /4.700 m/, B. Hlcoch y J. Dobrzynski, acompañados por seis miembros de la expedición, bajaron al cráter del Cotopaxi, como primeros seres humanos en la historia. Durante esta bajada un mapa geológico y geomorfológico del cráter ha sido confeccionada junto con la investigación de la actividad volcánica reciente/fumaroles/. La investigación del Cotopaxi ha sido completada por las excursiones en las zonas de los volcanes vecinos.

Después de finalizar el programa de investigación del Cotopaxi, la expedición/ya completa de trece miembros/se trasladó hacia el volcán sumamente activo Sangay, situado al borde oriental de los Andes. Después de varios días de una marcha sumamente difícil, un grupo de nueve miembros dirigido por el ingeniero Zeleny alcanzó la cumbre de este volcán. Debido a falta de tiempo los trabajos geológicos se limitaron aquí en observaciones fundamentales y en la toma de muestras.

Durante su estancia en el Ecuador, la expedición y sus actividades gozaban de gran interés tanto de parte de los especialistas como de la prensa. El mayor interés por los resultados de los trabajos de la expedición demostraron los representantes del Ministerio de la Producción, Departamento Forestal que preparan un parque nacional en la zona del Cotopaxi.

Después de regreso de la expedición, las muestras han sido examinadas en los laboratorios del Instituto Central de

Geología y de la Facultad de Ciencias Naturales. Los resultados de los trabajos tanto en el terreno como en los laboratorios estan presentados en este informe final, elaborado para el Buro Central Geología Checo.

B. HISTORIA DE LAS INVESTIGACIONES DEL COTOPAXI

Los Andes en el Ecuador se dividen en dos cordilleras -- principales /La Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental, la llamada tercera cordillera, ya no tan importante como lo es más al Norte, en Colombia/. Las rocas cristalinos y sedimentarios de ambas cordilleras se encuentran por su mayor - parte cubiertos por las rocas volcánicas más jóvenes. Visto desde la depresión interandina llamada el Altiplano se ven en ambas cordilleras los conos aislados de los volcanes activos y apagados, alcanzando éstos muchas veces la altitud superior a los 5.000 m.

Desde el Norte hacia el Sur se trata de los volcanes siguientes en la Cordillera Occidental: Cotacachi/4.966 m/, Pichincha/ 4.787 m/, Corazón/4.787 m/, Ilinizas/5.503 m/, Carihuairazo/5.106 m/, y Chimborazo/6.310 m/, en la Cordillera Oriental: Cayambe /5.804 m/, Antisana/ 5.756 m/, Sincholagua/ 4.988 m/, Rumiñahui/4.757 m/, Cotopaxi/5.897 m/, Quilindaña/- 4.919 m/, Tungurahua/5.087 m/, Cerro Altar /5.404 m/ y Sangay /5.437 m/.

Como por el Altiplano pasa desde hace mucho tiempo la comunicación principal de la parte montañosa del Ecuador, estos volcanes atraían siempre el interés tanto de los nacionales - como de los viajeros. Las cimas cubiertas de nieve o echando fuego provocaban en la población indígena admiración y respeto, en los viajeros el deseo de conocer y examinar los volcanes más de cerca. Gracias a su forma elegante y relativamente fácil acceso, Cotopaxi ha atraído siempre el mayor interés.

Las primeras noticias históricas sobre Cotopaxi datan -- del año 1534, cuando los Españoles han conquistado la provincia del Norte del Imperio Incáico. En el curso de la batalla decisiva entre el ejército del Rumiñahui y del español Benalcázar se produjo una fuerte erupción del Cotopaxi, lo que los

... supersticiosos entendieron como el apoyo divino a los - conquistadores españoles.

En los años 1736 hasta 1744 una expedición de la Academia de Ciencias de Francia, bajo la dirección de L. Condamin- intentó a subir hasta la cumbre del Cotopaxi. Sin embargo no resultaron a subir hasta la cima igual que Von Humbldt en 1802 cuya expedición alcanzó la altitud de 4.413 metros, es decir, ni siquiera el límite de las nieves perpetuas. En el año de 1831 intentaron la subida -sin éxito igualmente- J.N. Boussingault y más tarde el coronel Hall. Se indica que coronel Hall llegó hasta 100 metros bajo la cumbre. La primera descripción realista de Cotopaxi tenemos de M. Wagner, que en 1858 superó el límite de 5.000 metros y pasó la noche cerca de la cota Morrurco. En los dibujos más antiguos/ por ejemplo de Juan de Ulora, A. Guzmán y mismo de A. Von Humboldt/, la empinadura - de las pendientes del volcán aparece considerablemente exagerada.

En Noviembre de 1872 subieron por primera vez W. Reiss y A. M. Escobar hasta el borde del cráter de Cotopaxi. Reiss - ganó no solamente la primacia deportista, el publicó también algunos datos geomorfológicos muy importantes. Subió al cráter por la pendiente meridional del volcán y durante el camino ha podido observar una corriente de lava no todavía completamente fría, proveniente de la erupción en el año de 1853.

El 8 de Marzo observó A. Stubel el cráter. Ha podido notar una actividad no muy importante de los fumaroles, teniendo las peñas del cráter la temperatura de 45°C. Ni W. Reise ni A. Stubel describen la existencia del volcán interno como lo describe la morfología actual. A. Stubel fue primero quien clasificó Cotopaxi como volcán compuesto.

En 1877, poco después de la gran erupción, subió a la -- cumbre Th. Wolf / y junto con él A. Sandoval como primer ecuatoriano/ y un año más tarde M. Von Thielmann. Los dos observaron pocas exhalaciones de gases sulfúricos emanantes del cráter. Debido a las últimas erupciones la morfología de las -- pendientes del volcán ha cambiado considerablemente y el camino original de Reiss devino inaccesible.

Durante su viaje por América del Sur subió a Cotopaxi E. Whymper en 1880 y pasando en la cumbre un día y una noche ha observado en el fondo del cráter la lava ardiente. En el mismo año, un poco más tarde, E. Whumper ha podido observar la explosión de Cotopaxi desde la cima de Chimborazo.

En 1907 vino a Cotopaxi el geólogo H. Meyer. En su extensa publicación sobre algunos volcanes ecuatorianos, dedica a esa montaña un largo capítulo y orientándo su atención a toda una serie de fenómenos geológicos hace un resumen crítico de las opiniones de los autores más antiguos. En realidad su extenso trabajo fué la fuente más moderna en la cual nos hemos podido apoyar en los comienzos de nuestras investigaciones. Después de Meyer ningún geólogo dedicó mayor atención a este volcán. También F. Von Wolff/1929/ se apoya en H. Meyer en su trabajo sintético y elástico sobre volcanología y sus datos sobre Cotopaxi acepta recientemente también W. Sauer / 1971/ para su monografía sobre la geología regional del Ecuador.

En la actualidad en las subidas de los deportistas a Cotopaxi ya se convirtieron en un performación deportista corriente. En 1971 un refugio andinista, llamado Refugio, ha sido construido en la altitud del límite de las nieves perpétuas. Ninguno de los autores nacionales o extranjeros se ha ocupado más recientemente con la investigación geológica del Cotopaxi o de otros volcanes del Ecuador, debido a que el programa de la investigación geológica está relacionado exclusivamente con la investigación y extracción de yacimientos minerales y petroleros. Actualmente la zona de Cotopaxi devino el objeto de interés intensivo de los funcionarios del Ministerio de Producción, Departamento Forestal que preparan la institución de un Parque Nacional en la zona referida. Tratan de renovar los bosques originales en las pendientes occidentales del volcán vecino de Rumuñahui y estudian la fauna y la flora de la zona.

El grupo de nuestra expedición trabajaba en el volcán Cotopaxi durante el mes de Julio y Agosto de 1972. Resultó de este trabajo un estudio geológico y geomorfológico que podría servir de base para los estudios más detallados sobre los volcanes de los Andes Ecuatorianos.

GEOLOGIA Y PETROGRAFIA DEL VOLCAN COTOPAXI

FRANKLIN VELASCO GARCES

Cotopaxi, el volcán activo más alto del mundo /5.897 m/- está situado al borde occidental de la Cordillera Oriental de los Andes Ecuatorianos, setenta kilómetros al Sur del Ecuador, aproximadamente- Está rodeado por un grupo de cuatro - volcanes apagados /Rumiñahui, Pasochoa, Quilindaña, Sincholagua/, no superándo éstos en general la altitud de 5.000 metros sobre el nivel del mar, cuya actividad se apagó en el pleistoceno y hoy se elevan en forma de ruinas denudativas por encima del relieve de sus alrededores.

La parte superior del volcán, desde la altitud de 4.600-4.800 metros está cubierta por el glaciar permanente, el propio cráter tiene una posición excéntrica al sur-este debajo - de la cumbre. Su diámetro es de 800 metros, la profundidad - de 120 metros y en la época de la investigación nuestra su actividad se demostraba solamente por las exhalaciones gaseosas al borde bajo de sus peñas.

La morfología de las pendientes de Cotopaxi depende de - la exposición geográfica. Mientras que las pendientes meridionales y del sur-este se encuentran expuestas a frecuentes precipitaciones atmosféricas provenientes del valle de Amazonía, las pendientes opuestas, protegidas contra el viento acusan condiciones climatológicas más moderadas. En consecuencia, en las pendientes expuestas hacia el Sur y Sur-este aparece con mayor fuerza la erosión y el límite de las nieves -- perpetuas baja más profundamente en los cañones, mientras que las pendientes al Norte y Occidente pasan en continuidad en - vastas zonas de sedimentos piroelásticos, bajando en la depresión interandina.

El llano altiplano entre el pie norte de Cotopaxi y el - volcán vecino Rumiñahui está llenado por sedimentos fluviales y glaciolacustres que transforman hoy su superficie en vastos altiplanos Limpio Pungo con la altitud de 3.800 metros sobre el nivel del mar. Este valle, evidentemente de orígen glacial, da vuelta alrededor del pie de Cotopaxi y deriva hacia el Este formando allí una línea divisoria entre Cotopaxi y el volcán Sincholahua. Pasa por aquí el curso superior del río Pita. Al pie norte y noreste en la zona de Salitres resaltan

las elevaciones morfológicas unidas con el complejo del volcán /Santa Igaloma, el grupo Zhumbas/, o aislados por los sedimentos fluviales. La génesis de estas formaciones será discutida en el capítulo sobre la geomorfología.

La limitación del pie meridional y oriental de la montaña es mucho más complicada debido a que en esta zona el complejo de Cotopaxi pasa en la unidad vecina, Cordillera de Chalupas v la zona de contacto está cubierta por fuertes masas provenientes de las corrientes de lava y rocas piroclásticas de ambos complejos. Al pie sur-oriental manan los ríos Tambo y Alagues. Las pendientes meridionales de la montaña son desde el punto de vista morfológico considerablemente diferenciadas. Los profundos cañones erosivos alternan con las crestas rocosas /Santa Bárbara, Churrumihurco y sobre todo el pico Morurco/. Los cañones Borrohuaico penetran hasta 200 metros bajo el nivel de las pendientes del volcán. Estos cañones son los más profundos de todo el complejo y desnudan hasta los más viejos complejos volcánicos de todo el conjunto.

La superficie monótona del glaciar surcado de la cumbre interrumpe sólo la roca separada Yana Sacha en la altitud de 5.800 metros sobre el nivel del mar y un surco descontínuo que como una "sciara" pasa del borde nor-oeste del cráter hasta el pie de la montaña. Se produjo como resultado de la"grabación" repetida por los bloques cayentes y de la descrucción por las nubes ardientes y corrientes de lava.

En los alrededores de Cotopaxi no se encuentran ningunas localidades permanentes. Se situan aquí sólo algunas pequeñas haciendas y vaquerías. De la depresión interandina. del llamado altiplano por el que pasa la carretera panamericana principal deriva cerca de la localidad de Lasso a 30 kilómetros de distancia de Cotopaxi, un camino de montaña, rocoso, que sigue hasta Limpio Pungo y en la zona de Salitres se subdivide en algunas derivaciones. Unos pocos kilómetros bajo Limpio Pungo se encuentra un chalet turístico Campamento Mariscal Sucre, poco frecuentado, y directamente en las pendientes de la montaña, al límite inferior del glaciar ha sido construído en 1971 un chalet andinista Refugio San Gabriel.

La zona entera del conjunto de Cotopaxi y de sus alrededores pertenece a la zona de vegetación páramos, comenzando desde la altitud de 3.500 metros sobre el nivel del mar. Más abajo se encuentran los bosques subalpinos los que, debido a las intervenciones humanas, se limitan hoy a algunos pocos restos en algunos valles.

La investigación geológica de Cotopaxi fue en el pasado objeto de interés de varios autores, principalmente de los geólogos alemanes a comienzos del siglo veinte. Eran sobre todo Von Humboldt, H. Meyer, W. Reiss, A. Stubel, T. Wolff y más tarde Von Wolf, quien en su trabajo sobre los volcanes/ 1929/ planteó y resumió el mayor número de datos conocidos hasta entonces no solamente de Cotopaxi pero también de otros volcanes del Ecuador y de América Latina en general. Un trabajo sintético sobre la geología del Ecuador, completado por los conocimientos más recientes proviene de H. Sauer y ha sido publicado en 1971.

Según las opiniones predominantes /Sauer/ el volcán de Cotopaxi ha pasado por dos etapas evolutivas principales. Se indica que el estadio más antiguo representan las efusiones de las ácidas andesitas biotiticas, de las andesitas piroxene-anfíbolicas y andesitas pirexenas, mientras que el estadio posterior representan las andesitas piroxenas más básicas del cono joven y no tanto las andesitas básicas anfibiolico-piroxenas en las más jóvenes efusiones. Como indica Wolff /1929/ el piso viejo forma hoy el relicto de la caldera original, rodeando como somma el joven cono actual. El autor indica igualmente que la caldera del viejo Cotopaxi ha sido destruída por una sola explosión fuerte, sin embargo no existe ninguna prueba para tal afirmación. Todas las ruinas denudativas /Ingaloma, Salitres, Morrurco y otros/ están consideradas en los trabajos más antiguos como pertenecientes a una sola etapa y a veces se hacen paralelas con algunos relictos de los volcanes vecinos.

Gracias a los profundos cañones en las pendientes de Cotopaxi, principalmente en la oriental y meridional, los complejos volcánicos se encuentran relativamente bien descubiertos. Estos cañones servían también para nosotros como punto de apoyo para el mapeo geológico, concentrándonos en estos traba--

fue el conocimiento detallado de los pisos más antiguos, de su composición, de su posición y sobre todo superposición. A base de esta investigación/el mapa geológico documentado 1: 50.000/ fue posible diferenciar en el conjunto de Cotopaxi cinco complejos volcánicos que difieren por su vejez, Composición - petrográfica de lavas, rocas piroclasticas y por su composición química. Se trata de los complejos siguientes: Aminas, Salitres, Morrurco, Ingaloma y Cotopaxi. /1-5./

1. COMPLEJO AMINAS

Consideramos que el elemento más viejo de la construcción del conjunto de Cotopaxi es el complejo de rocas piroelásticas que se encuentra descubierto en un estrato de espesor cerca - de 100 metros en los profundos cañones Aminas, Burrohuaico y- Sequimela en las pendientes meridionales del volcán. Estas - rocas son tobas de aglomeración hasta moles de tobas de aglomeración con frecuentes vidrios de carácter pomezca. De acuerdo con los análisis químicos corresponden a las dacitas hasta andesitas óxidos y pertenecen en las rocas más ácidas de todo el conjunto. Adentro del complejo piroclástico se encuentran efusiones aisladas de lavas con nata de composición idéntica.

La edad relativa de este complejo deducimos de su posición debajo de las volcanitas decomplejo Salitres, incluído - en general en la fase posterior de pliocene del volcanismo en los Andes Ecuatorianos/ más detalladamente ver el capítulo sobre la geomorfología/. En vista de la existencia muy limitada de las partes descubiertas de estas rocas, no es posible - considerar la expansión original de superficie de todo el conjunto. Es difícil, por consecuencia, de decidir si se trata de los productos del comienzo de la fase principal del volcanismo, la que comenzó en el Ecuador a fines de mioceno /Von Wolff 1929, Sauer 1971 y otros/ o si se trata de volcanismo - más viejo todavía.

2. COMPLEJO SALITRES

Las lavas y rocas piroclásticas de este complejo se encuentran descubiertas al pie nor-este de Cotopaxi, donde forman el fondo del valle glacial del curso actual del Río Pita y rodean el pie de la pendiente del volcán. Se puede hacer una paralela con la zona sur-este/colinas Santa Bárbara y o--

tres , construída por rocas de igual posición y de un carác-- ter petrográfico y la composición química parecidos.

El complejo Salitres está representado por las dacitas biotiticas-piroxenicas y en una medida inferior por los andesitas piroxeno-anfibólicas y biotiticas-piroxenicas y por sus equivalentes piroclásticas.

La dacita biotitica-piroxenica del complejo nor- este es una roca medio granulosa de color gris-claro con una textura con dispersión granulosa regular. Tiene una estructura mi-- croscópica perfídica con fenocristales de plagioclasas de composición andesina; cuarzo, biotita, augita-diopsida y granos de magnetito. En cuanto aparece en la materia básica una mayor cantidad de plagioclasas listosas, la roca adquiere indicios de textura fluidal. Sin embargo la materia básica es en su mayor parte himicrístálica, raramente vitrofírica a veces con indicios de textura traquítica. Caracaterísticas son -- fuertes transformaciones de minerales, caolinisación de fel-- despatos, sericitisación de piroxenos y feldespatos. Algunos tipos forman ya la transición a los vidrios de dacitas. El - contenido de SiO_2 de la muestra analizada es 69,80%

La roca de Santa Bárbara es de color gris-rojo y por su composición no difiere substancialmente de la roca anterior. Algunas veces forma las autobreccias de lava muy porosas, con fenocristales considerablemente cambiados siendo las cavernitas llenadas por los productos de estas transformaciones. -- Puede aparecer también amfibolo y por la dismunución de la -- cantidad de cuarzo esta roca se transforma en andesita piroxeno-anfibolicas. Las plagioclasas de las dacitas de Santa Bárbara acusan la composición de oligoclases, las andesitas contienen los feldespatos un poco más básicos. Las dacitas de - Santa Bárbara contienen 66,89 % SiO_2.

Junto con las dacitas del complejo Salitres aparecen al pie nor-este del conjunto los pómeses biotiticos de color -- blanco y amarillo de composición parecida, con textura fibrosa y con pequeños estratos de vidrio con laminación detallada. Los fenocristales idiomorfes de biotito alcanzan 3 mm. En -- los estratos superiores de pómes se encuentran conservados --

[illegible] [illegible] de tobas de aglomeración de composición de dacita biotítica. Parecidos tobas de pómez aparecen en los estratos superiores de rocas piroclásticas del complejo Aminas al [illegible] del cañon Saquimala. En este caso se trata de los vidrios de andesita piroxenica con 63,66% de SiO_2 y con 5, 68% de agua.

El complejo de Salitres representa los productos de la fase principal del volcanismo de plioceno que se demostró en los Andes por el surgimiento de bajos y llanos volcanes /Sauer, 1971. La altitud máxima actual sobre el nivel del mar de este complejo es de 4.500 m. y es resultado de la elevación permanente de los Andes desde el fin del período terciario. Como resumen Von Wolff /1929/ el predominio del volcanismo ácido-dácito es característico para el estadio original de la fase volcánica principal de los Andes Ecuatorianos/plioceno-reciente/que dio el fundamento a la mayoría de los volcanes en esta zona.

Sin embargo resulta muy difícil establecer datos exactos de los complejos más antiguos individualmente, en el caso de Cotopaxi. Los criterios comparativos que pueden ser tomados en consideración, la composición químicay petrográfica concretamente, no resultan bastante seguros. La cuestión de la bacidad es indudablemente muy importante para la evolución global de la fase volcánica principal en el Ecuador, sin embargo en el esquema prevalente dacito... andesito... basalto /más - antiguo... más joven/ existen mucha anomalías. Por ejemplo - en los complejos pliecenos documentados de algunos volcanes - ecuatorianos /Tungurahua, Altar/ predominan basaltos, en otros dacitos/Antisana, Cotopaxi/. A comienzos del período del cuarternario estasdiferencias desaparecieron parcialmente, -- principalmente en la época de la actividad volcánica principal en pleistoceno/ mindelriss/.

3. COMPLEJO MORRURCO

La roca característica de este complejo es la andesita - anfibolica-piroxenica, respectivamente la andesita anfibólica o piroxenica. La andesita anfibólica-piroxenica de la cota - Morrurco es una roca de color gris-rojo con grano medio, estructura perfírica y con estructura de la pasta pilotaxica --

pasta hialopilítica. La textura de la roca es grunula. En la materia básica predominan los vidrios con pequeños cristales isométricos y microlitas de plagioclasas/andesina/. Los fenocristales de plagioclases y de piroxenos son en general indiomorfos y considerablemente transformados, el anfíbol tiene desarrollados borde de opacito. Aparecen frecuentes y dispersos pequeños granos de magnetita. En las rocas parecidos del pie norte de la costa Ingolama, los anfíboles se encuentran completamente transformados en minerales opacos. La basicidad de plagioclasas de estas rocas se acerca al límite andesina-labradorita. Piroclasticas transportados por agua y depositados, de igual composición, se encuentran acumulados en los aluviones, directamente en los estratos inferiores de volcanitas del complejo más joven de Ingaloma.

En la cota Churrumihurco aparecen rocas un poco diferentes de las andesitas de Morrurco. Las rocas maficas se representados solamente por piroxeno, frecuentemente muy sericitizado. Esta roca es de color gris-rosado, fuertemente rajado, raras veces con textura fluidal. La pasta es pilotaxica. La Andesita analisada de Morrurco contiene hasta 66,95% de SiO_2.

En las partes superiores del complejo de Morrurco aparecen andesitas amfibolicas-piroxenicas un poco más básicas con plagioclasas de composición andesina-labradorita. SE encuentran acompañadas por los tobas de aglomeración y con fuerte participación de pómez.

Las rocas del complejo Morrurco forman al pie norte del conjunto directamente la tabla de alto de los dacitas el complejo más antiguo. Este contacto se ve muy claramente en los perfiles de algunos nunatacos en el valle de Rio Pita cuando el propio corazón del nunataco está cubierto con un estrato de más de un metro de los aglomerados tufíticos del complejo de Morrurco. En la parte meridional del volcán este contacto no es tan evidente debido a que la frontera presumida está cubierta por las morenas y piroclásticas redepositadas.

La cuestión de la posición y de la edad de las rocas de Morrurco han discutido ya varias veces los autores anteriores. Von Wolff/1929/escribe que las andesitas de Morrurco han inaugurado el período eruptivo de Cotopaxi/ y no el período de la

construcción del nuevo cono joven, sino el período principal de la construcción del propio viejo piso del volcán, situado ya en la posición del volcán actual/. La forma volcánica más antigua, a la que pertenecen los complejos Aminas y Salitres ha sido probablemente más baja y situada algo excéntrico del eje de Cotopaxi actual. Reis/1896/ clasificó el pico Morrurco /Picacho/ como precursor del volcán actual, igual que todas las elevaciones salientes en Ingaloma y en el valle del río Pita en el norte de Cotopaxi. Sauer /1971/ resume, que el propio pico de Morrurco representa un relicto de la caldera destruida por una enorme explosión acompañada por el desprendimiento de cantidades de piroclásticas vidriosas /complejo Ingolama/. La caldera destruida del "viejo Cotopaxi" se compara frecuentemente con la caldera recente del volcán Quilotoa en la Cordillera Occidental. Es evidente que la solución de la cuestión de la posición de Morrurco,Ingaloma y salitres se ha buscado en el pasado solamente en estas localidades más accesibles sin que fuera realizada una investigación comparativa en otras zonas al sur y al norte, morfológicamente quizás menos llamativas. Es fácil de comprender, debido a que cada actividad geológica en los cañones difícilmente accesibles y en los valles de los ríos exige un equipaje sumamente sólido para un grupo compuesto de mayor número de miembros que tienen experiencias andinistas y disponen -entre otros- de muy buen material para pasar las noches en el aire libre.

Por analogía con los pisos más antiguos de los demás volcanes ecuatorianos hasta hoy en día activos y con los relictos de volcanes apagados de pleistoceno clasificamos el nacimiento del complejo Morrurco en la época de la mayor actividad conocida de esta zona, es decir en el período interglacial mindelense-Rissense. En aquel período nacieron en el territorio del Ecuador actual algunas decenas de volcanes, no superándo éstos la altitud de 5.000 metros. La composición petrográfica parecida a los andesitas amfibolicas-piroxenicas o andesitas piroxenicas o omfibolicas del complejo de Morrurco tienen también las lavas del reliecto volcánico Quilindaña, del piso pleistoceno de Tungurahua y aparecen también en otras localidades. La destrucción actual del volcán original, sin duda bastante grande, podría ser predispuesto por un fuerte paroxismo, pero se debe principalmente a la modulación glacial, a la denudación y erosión la que produce aquí sus efec-

nes muy rápidamente.

El complejo Morrurco termina la actividad efusiva del piso inferior de Cotopaxi. Después de nacimiento del siguiente complejo piroclástico de Ingaloma y en el período glacial Wurmense se formó ya el volcán en su forma y composición actual.

4. COMPLEJO INGALOMA

Incluímos en este complejo el conjunto de rocas piroclásticas, tobas obsidiana y de pómez que en la literatura suelen de ser indicados como formación toba-obsidiana /von Wolf 1929, Sauer 1971/. Pómezes biotíticas de color amarillo y obsidianas andesíticas negras, aglutinados por ceniza fina en tobas, aparecen en un estrato de espesor 50 metros aproximadamente - al pie norte de la montaña. La presencia de las pómezes se - conserva aisladamente en algunos cañones en la altitud de -- 4.200 metros sobre el nivel del mar. La zona principal de la presencia de las rocas de esta formación es la cota Ingaloma /4.065 metros/ en las pendientes del norte del volcán. La -- presencia de parecidos tobas de obsidiana en las peendientes meridionales de Cotopaxi no es bastante clara. Se trata ante todo de los equivalentes de estos vidrios encontrados en los aluviones de las corrientes de barre acumulados al pie del cono en la zona de Ticatilín. La pertenencia al complejo Ingaloma se puede juzgar solamente del aparecer de estas rocas y no de su posición que aquí no se puede fijar. El hecho de -- que la formación toba-obsidiana no aparece en otra forma en - las pendientes meridionales se debe a que en el período postglacial las aguas del deshielo rápido de los heleros, las que formaban los cañones, presentaron un factor suficiente eficaz para causar la erosión completa de las rocas no bastante duras y transportarlas en el valle. En la zona San Felipe, algunas decenas de kilómetros al sur-oeste de Cotopaxi constató Reiss /1896/ la presencia de tobas de pómez parecidos y los parelelizó mas tarde con la formación toba-obsidiana de Ingaloma. En cuanto esta comparación está correcta, significa esto que las tobas de pómez y obsidianas no son "especialidad" de Cotopaxí solamente, pero que tienen al final del vulcanismo pleistoceno una importancia regional en los Andes Ecuatorianos.

La roca de Ingaloma es la pómez de andesita biotítica, -

de color gris-rosado con fibras característicos, porosas, con estructura vitrofídica de la materia básica. La textura es - fluidal, formada por filas de vidrio devitrificado más obscuro o más claro. La roca contiene 3% aproximadamente de fenocristales de andesina idiomorfa, una pequeña cantidad de biotita y algunos granos aislados de magnetita. Es muy frágil, desintegrativa y por eso fácilmente transportable por agua. - Las posiciones irregulares en el complejo predominante, los - pómeces forman resinas hasta obsidianos de color gris- negro- hasta negro obscuro con difracción conchosa y dispersiva. Existen en estas rocas frecuentes fenocristales caolinizadas de plagioclasas de composición andesina y frecuentes microlitos en la materia básica parcialmente devitrificada. La devitrificación procede por pequeños estratos de manera que la roca puede tener una acentuada textura fluidal rayada, formada por la alternación de estratos rojos y de color gris-negro. Las resinas son menos frecuentes y en algunos lugares forman transición hacia las andesitas biotitico-piroxenicas con estructura hialina de la materia básica. El pómez del complejo Ingaloma contiene en promedio 65,61% de SiO_2 y 3,12% de H_2O.

El nacimiento de la formación tufo-obsidiana del complejo de Ingaloma se data en el período interglacial ris-wurm, - según analogía con los perfiles documentados en algunos lugares de la Sierre volcánica. El conjunto potente de piroclásticas vidriosas de este complejo se puede entonces considerar como producto de la actividad final del piso viejo no solamente de Cotopaxi sino del volcanismo ecuatoriano en general, -- porque los productos de diferentes fases en ambas cordilleras pueden paralelizarse en cierta medida. Como escribe Sauer/ - 1971/; "Una fuerte explosión echó fuera una cantidad de materiales y el volcán terminó así su actividad para largo tiempo". La disposición de los glaciares en el período glacial-Wurmense y la eclipse de los glaciares en el período post-glacial han sido las causas principales de la destrucción de rocas piro-- clásticas del complejo de Ingaloma de manera que hoy se encuentran conservados solamente con los relictos en las pedientes del norte de la montaña y las encontramos mucho más frecuentes en los sedimentos de los aluviones del heloceno y del recento.

Después del nacimiento del complejo Ingaloma la actividad

del volcán se calmó durante un período cuando se formó el relieve morfológico del viejo cono. Durante este período, aproximadamente en el período wurm-post-glacial, el volcán se demostró solo por explosiones aisladas y por las efusiones. Al pie-nor-este del volcán actual se encuentran en un cañón parcialmente descubiertos las tobas de pómez de aluviones de Ingaloma sobre las cuales es depositado un estrato de 2 metros de potencia aproximadamente de brecoia volcánica y una corriente de lava de nata piroxenandesitica, cubierta ya por fuertes corrientes de bloques andesitos del cono joven.

5. COMPLEJO COTOPAXI

Este complejo se puede definir también como el complejo del cono joven, debido a que representa la masa principal de lavas y piroclasticas que componen el volcán actual de Cotopaxi en su altura y en el ancho. Dentro del complejo íntegro pueden ser distinguidos algunos pisos de construcción parciales que tienen signos característicos sobre todo en cuanto a la composición petrográfica y química.

El complejo de Cotopaxi representa la actividad principal del período post-glacial del volcanismo que se ha demostrado en ambas cordilleras ecuatorianas y naturalmente también en otras partes de América Latina. Sin embargo esta actividad no se demostró en todas bases de los cuerpos volcánicos del período de pleistoceno o de los períodos más antiguos todavía, de manera que los complejos análogos al joven Cotopaxi encontramos solamente en los volcanes más altos y en su mayoría hasta hoy activos del Ecuador /Tungurahua, Sangay, Antisana y otros/, y también en los volcanes de Colombia y del Perú.

a. Las partes inferiores del complejo están formadas por andesitas piroxenicas /augíticas/ de color negro con grano medio, con estructura perfírica y con estructura de la pasta hemicristálica y vitrofírica. La textura de la roca está frecuentemente vesicular, los poros pueden faltar y en tal caso la roca tiene la granulosidad con dispersión regular. En algunos casos la roca tiene la textura fluidal causada por la alternación de manchas con exceso de vidrio de la materia de base o al contrario de fenocristales de plagioclasas y piroxenas. Las proporciones de la pasta de vidrio y de los feno--

cristales vacilan considerablemente. Vacila igualmente la propia textura de la pasta en la que los microlitos de plagioclases faltan completamente /estructura hialina/ o se encuentran contenidos en cantidad restringida, o, en caso contrario cuando predominan completamente/ estructura hemicristálica y hialopilítica/. Estos últimos dos casos son los más frecuentes en las andesitas de la parte inferior del complejo de Cotopaxi. Los feno-cristales de plagioclasas alcanzan la dimensión de 2-5 mm, frecuentemente son zonales, teniendo los centros - de los cristales la composición de labradorita ácida. Entre los fenocristales está presente, en cantidad restringida, hipersthena, el piroxeno augita forma grandes fenocristales hipidiomorficas conteniendo éstas frecuentemente los granos de magnetita. Este fenómeno está en general característico para los andesitas piroxenicas de Cotopaxi.

Las lavas de las piroxenandesitas de color negra forman importantes corrientes, en la mayoría de los casos son cubiertas por piroclásticas o por lavas más jóvenes. Estas rocas - se encuentran bien descubiertos en algunas partes de cañones cuando las frentes de las corrientes de lava, descubiertos -- por la erosión retroactiva, se convierten en un objeto bien accesible para la documentación. La presencia de las andesitas negras se ha limitado solamente al anillo en las pendientes del norte del volcán, descubiertos en muchos lugares en - los cañones. En la zona de Limpio Pungo y Salitres las corrientes más viejas de estas lavas se encuentran cubiertas por las jóvenes andesitas "principales", ofreciendo los frentes erosivos de ambas corrientes,buena comparación de su carácter petrográfico. En Salitres se encuentra conservado la corriente más fuerte que aparece en la altitud de 4.800 metros sobre el nivel del mar debajo de las morenas del glaciar de la cumbre; en la pendiente norte del volcán está cubierta por piroclásticas jóvenes y aparece hasta abajo al pie de la montaña siendo allí su limitación ya predispuesta por pequeños valles entre las colinas Zhumbas de modelación glaciofluvial y formadas en mayor parte por las dacitas del complejo Salitres y por la formación aluviada toba-obsidiana. En las pendientes meridionales del volcán faltan lavas de negras piroxendesitas,hecho que podía ser causado por la zona excéntrica del flujo del cráter. La presencia de lavas parecidas en las aluviones fluviales debajo de la cota Cerro Ambi en la parte occidental del - volcán indica que también en la construcción de esta cerro --

probablemente participan elementos más viejos . Las corrientes de lava de piroxenandesitas negras tienen carácter de lavas de bloques, de potencia 3-4 metros y con el diámetro de los bloques cerca de 5 metros. En las partes inferiores de las corrientes se encuentran posiciones de potencia de un metro en el promedio de lavas de aglomeraciones de igual composición, acompañadas de moles de nata.

b. La masa principal de las rocas efusivas del complejo de Cotopaxi y la roca principal del conjunto entero representan con predominación los andesitas piroxenicas /augitico-diopsidicas/, de grano medio, de color gris claro con estructura -- porfírica con la estructura de pasta generalmente vitrofírica hasta hemicristálica, macriscópicamente generalmente granulada o también fluidal cuando alternan los pequeños estratos - con diferente contenido de vidrio en la pasta. La materia de base varia considerablemente conforme al carácter y la distribución de microlitas. Sin embargo en gran parte predomina la pasta vitrofírica vidriosa de color gris-oscuro con falta de microlitas y pequeñas plagioclasas listosas, mismo si en algunos tipos puede aparecer la granulosidad de la pasta bastante importante. El contenido de SiO_2, de la roca analisada es de 58,06- 60,22%. Microscópicamente la "andesita principal" de - color gris-claro se acerca al tipo precedente. Las diferencias en la forma cristálica de la pasta están en relación con los diferentes períodos de efusiones de la misma lava que aparece en las pendientes del volcán en cinco corrientes de lava una por encima de otra.

La roca contiene en promedio 20% de fenocristales idiomorfos de composición andesoin-labradoritica. Grandes fenocristales y aglomeraciones de clinopiroxenos corresponden a augita y diopsidaugita. La presencia de ortopiroxeno es menos frecuente. La cantidad de pequeños granos de magnetita - hipdiomorfa /5%/ que penetra frecuentemente en las aglomeraciones piroxénicas, es característica. Magnetita en fina dispersión y parcialmente transformado se encuentra contenida -- también en la pasta. Aparecen en forma accesoria en la roca: ilmenito aparita y titanita.

Al lado del tipo predominante de textura con granulosidad de dispersión regular aparecen, principalmente en las partes inferiores de las corrientes de lava, los tipos fluidales y - vesiculares. Las efusiones individuales acusan relativamente muchas diferencias dentro de las mismas. Las partes bajas de

cada corriente de lava forma la lava de aglomeración con mu-- chos moles de nata representando ésta la transición de la explosión del flujo de lava. En realidad se encuentran frecuentemente debajo de las corrientes de lava, las posiciones de - potencia de 0,5-2 metros de tobas lapillosas de color de na-- ranja cuya composición química está idéntica con la composi-- ción de las lavas de tabla de alto. El ciclo termina una corriente de lava de bloques de una potencia hasta 10 metros y este ciclo se repite hasta cinco veces, uno encima del otro.

Las corrientes de lava de las "andesitas principales" - del complejo de Cotopaxi representan el elemento volcánico - más importante de todo el complejo. En las pendientes orientales del volcán se encuentran conservados los flujos cortos, superficiales, que se repiten varias veces y que dominan completamente en esta parte del volcán. Igualmente en nor-oeste existen potentes cotrientes de andesitas de color gris-claro, cuyos frentes, descubiertos por la erosión retroactiva, for-- man peldaños marcantes al pie de la montaña. De lo contrario, en las pendientes occidentales y meridionales las andesitas - claras faltan completamente o llenan solamente los fondos de los cañones profundos, creados anteriormente.

"Las andesitas principales" del complejo de Cotopaxi representan la más grande actividad volcánica del conjunto de - Cotopaxi dentro de la formación del nuevo cono joven en el período post-glacial. Las lavas correspondientes la "andesita - principal" de Cotopaxi pueden compararse con las rocas que -- componen los cuerpos volcánicos principales del Ecuador- Tungurahua y otras, del Perú - El Misti y otros, de Colombia-Galeras etc., como indica por ejemplo von Wolff/1929/, Hatcha/ 1886 y otros autores.

c. En la tabla de alto de las andesitas de bloque de color - gris claro existen en Cotopaxi las posiciones de lavas de color gris-negro, en algunos lugares de lavas negras autoclásticas de nata de composición de andesitas piroxenicas /augiticas/. Estas lavas difieren, por su carácter y su posición, - de otras lavas efusivas del conjunto. Se constituyeron como autobreccias de lava con solidificación rápida, causando el - carácter de nata la unión de moles originalmente aislados en una masa compacta. Después se produjo una fuerte oxigenación

de magnetita, cuya presencia es frecuente, y la roca adquirió el color rojo característico o color rojo-negro.

Macroscópicamente la roca tiene textura vesicular acentuada, es frágil a desintegrativa. La estructura es microscópicamente perfírica, los fenocristales de plagioglasas de composición labradorita, augita, hiperatena y granos de magnetita, se encuentran en la materia de base hialina hasta vitrofírica. Muy frecuente es la presencia de hematito en dispersión fina, de magnetita transformada.

La presencia de las lavas autoclásticas de nata se limita a las pendientes del norte, nor-oeste y occidente de volcán. Sus posiciones salen frecuentemente debajo de las morenas del glaciar de la cumbre, la presencia más alta se encuentra en la roca arrancada Yana Sacha al norte debajo de la cumbre de la montaña. Sin embargo en las pendiente orientales del volcán, caracterizadas por potentes efusiones de "andesitas principales" de color gris-claro, estas lavas faltan completamente. Demuestra este fenómeno la derivación de la zona del flujo del cráter, cuya forma cambio inevitablemente con cada nueva erupción.

En la tabla debajo de lavas autoclásticas de color rojo negro, en las pendientes occidentales del volcán, en la zona Contadero Totorillas se encuentra una posición de breccia explosiva de potencia de 3 metros aproximadamente. En la almáciga de color rojo obscuro de lava piroxenandesita fuertemente mateorisada existe astillas anguladas de los "andesitos principales", de dimensión hasta 10 centímetros. La roca tiene una expresada separabilidad laminosa. En la tabla de bajo de la breccia existen tobas lapillosas de color de naranja con bombas aisladas de nata negra petenecientes ya al conjunto de "andesita principal".

El conjunto de breccias explosivas y de lavas autoclásticas representa el final de la actividad efusiva-explosiva del volcán, la que produjo las "andesitas principales" y sus equivalentes piroclásticos. La chimenea ha sido llenada por la lava de andesita de color gris claro, perforada posteriormente por los gases y efusión siguiente de nata con solidificación rápida de composición parecida. Todos estos productos volcánicos son ya muy jóvenes.

d. Las lavas autoclásticas de nata cubren en las pendientes occidentales y parcialmente también en las meridionales las - lavas de color gris obcuro de composición de andesitas piroxe nicos /augiticas/. El hecho de que estas andesitas acompa-- ñan siempre las efusiones precedentes demuestra que entre los paroxismos correspondientes no existía un intervalo suficiente largo para que la erosión o el cambio de la configuración del glaciar de la cumbre pudiera cambiar la orientación de la zona de flujo del cráter.

Estas andesitas son de granulosidad fina y tienen una es tructura perfírica. La materia de base está hemicristálica, frecuentemente hialopilítica hasta pilotaxítica. Hasta en 25% de la roca aparecen fenocristales de plagioclasas correspon-- dientes a andesina hasta labradorita. Los fenocristales son formados por augita hasta diopsidaugita y en una cantidad res tringida está presente ortopiroxeno frecuente es magnétita y accesorios. Relativamente frecuente es la presencia de xenolitos de andesitas más viejas y xenocristales aislados de -- cuarzo venenoso de la tabla de bajo del conjunto volcánico. Por su composición petrográfica la roca parece mucho al "ande sita principal", solo su bsicidad es un poco superior/58,05 % SiO_2/. Es interesante que en algunos tipos puede aparecer -- también olivino, como un factor no muy importante.

Las posiciones de nata de esta lava se destacan por una textura vesicular, respectivamente fluidal, cuando los poros tienen una figuración lineal. Microscópicamente tiene la roca la estructura vitrofírica con frecuente presencia de peque ños granos de magnetita y ilmenita. La roca puede tener también carácter de autobreccia, cuando los gases alientes de la roca con rápida solidificación causaron la destrucción de la masa todavía no completamente consolidada. Los tipos porosos de estas andesitas acusan bastante fuertes transformaciones - automorfas de los fenocristales y de la materia de base y los productos de estas transformaciones/ sericito, clorito, hema tito y quizás también cálcito/ llenaron en algunos casos las cavernitas secundarias, restos de las burbujitas de los gases huidos.

Piroclásticas correspondiente a los andesitas de granulo sidad fina y de color gris obscuro son las tobas lapillosas de color gris o los aglomerados de tobas de color gris claro

con bombas hasta de 20 centímetros de diámetro. Sus posiciones aparecen en las pendientes orientales ya en los bordes superiores de los cañones.

e. Las rocas efusivas más jóvenes del complejo de Cotopaxi y de todo el conjunto son lavas negras de nata de composición de andesitos piroxenicas, que son tipos predominantes. Tienen una textura vesicular con transición a la textura compacta de granulosidad con dispersión general. Las cavernitas esporádicamente se encuentran llenadas por zoolitos. En algunos casos la textura de estas lavas está también fluidal cuando alternan los pequeños estratos con diferente contenido de vidrio en la pasta. La estructura predominante de la pasta es hialina y con la cantidad creciente de microlitos se transforma en estructura vitrofírica. Los fenocristales están formados por plagioclasa básica/labradorita-bytownita/; pequeños cristales de olagioclasas y los microlitos en el vidrio de la materia de base son más ácidos. Es corriente el clinopiroxeno de composición augita, la hiperstena y magnetita aparecen en cantidades variables.

Existe también la presencia accesórica de olivina pero puede aparecer también en cantidad tan considerable que la roca se transforma en andesita olivinico-piroxenica. Este tipo de rocas cita von Wolff/1929/ en una corriente joven de la lava en la parte norte del conjunto. La presencia de xenolitos de las rocas viejas es corriente principalmente en la tabla debajo de los complejos de las rocas metamorficas o los xenocristales de cuarzo. Como indica REiss /1896/ estos cuarzos provienen de rocas metamorficas de paleozoico en la tabla debajo del volcán. Von Wolff /1929/ escribe, que se trata de materiales de las venas de cuarzo que penetran las formaciones de diabasas porfiritas.

Sauer/1971/ indica que las corrientes de lava Yana Sacha y Tauripamba en la parte norte del volcán son formadas por andesita amfibólica-piroxenica. Principalmente la lava de estas corrientes está rica en xenolitos cristalinicos. Desde punto de vista petrográfico las corrientes de lava citadas son muy variadas y su composición vacila de un lugar a otro. Las lavas más jóvenes de Cotopaxi son en general bastante básicas /57,34% SiO_2, 7,06% Ca, 3,4% Na_2O etc./.

Las andesitas de nata de color negro son todos ya de una edad históricamente documentada. Se indican en un número global de ocho corrientes principales que se han dividido en los cañones al pie de la montaña en muchos brazos. En las pendientes empinadas de la montaña la lava corriente no se ha podido mantener y en forma de un alud de lava ha sido transportada más abajo al pie de la montaña.

Piroclásticas correspondientes a las lavas más jóvenes de Cotopaxi son los tefros lapillosos de color amarillo-ocre, en muchos lugares acarreados y solifluidos de las pendientes y las cenizas negras.

D. GEOMORFOLOGIA DE LOS ALREDEDORES DEL VOLCAN COTOPAXI

De los factores que modelaron el cono de Cotopaxi en su forma actual se destacan dos factores principales. La actividad volcánica desde el final del período terciario hasta el reciente y la actividad de los glaciares durante el período de pleistoceno. A parte de estos dos factores principales influyó fuertemente la actividad erosiva y acumuladora de las"avenidas"/ corrientes de barre, producto de la licuación de piroclásticas durante el deshielo del glaciar culminar en el curso de la erupción/ y la actividad erosiva de agua. Ni la actividad volcánica como la actividad glacial han transcurrido contínuamente sino en fases expresivas que se transmiten en las etapas determinadas de la modulación del volcán.

La reconstrucción de las formaciones más viejas de los glaciares de Cotopaxi se hace difícil por la ausencia de las morenas. Estas han sido probablemente por parte enterradas por las piroclásticas más jóvenes o han sido incluídas en las avenidas posteriores, donde el material de las avenidas con su mala elaboración y diversificación insuficiente parece considerablemente a los sedimentos de morenas. /Meyer 1907/

Como vestigio de la formación más vieja de los glaciares puede ser considerado la modulación del valle del río Pita encontrándose éste en la parte nor-este del volcán y separando Cotopaxi del volcán vecino Sincholagua. Se ha creado un ancho valle de forma de artesa con un grupo de nunataques, alongados generalmente en la dirección noroeste-sureste. El

fondo del valle está cubierto en su mayor parte por los sedimentos de las avenidas más jóvenes, pero en algunos lugares a parece la tabla de bajo rocosa y surcada por el glaciar, formado por los dacitos del complejo Salitres.

Se puede suponer que en el período de la formación del - valle de Río Pito, igualmente el valle Limpio Pungo, cuyo fondo está situado en la misma altitud sobre el nivel del mar/-- 3.700 metros/ en la parte nor-oeste del volcán, ha sido llenado por el glaciar. Ambos glaciares se unieron después en la zona de la cota actual Ingaloma, donde el relieve original está completamente cubierto por los productos de las efusiones más jóvenes. Se trataba probablemente de glaciares no muy potentes y poco móviles /el relieve quebrado del fondo sería mucho más aplastado por un glaciar más móvil/ alimentados par-- cialmente por su propia cobertura de nieve endurecido y par-- cialmente por los glaciares culminares de Cotopaxi y Sincholagua. La inclusión de la lengua glacial en la dirección del volcán Sincholagua está confirmada por la rotación de un relativamente grande nunataque/altitud 30 metros, largo 80 metros/ en la dirección noreste-suroeste hacia el desenbocamiento del valle marcante en la pendiente de este volcán.

Piroclásticas del complejo Morrurco cubren en algunos lugares el relieve rocoso del complejo Salitres, Modulado por - hielo. La formación de glaciares, es en consecuencia, más -- vieja que el complejo Morrurco, el que probablemente pertenece al volcanismo piroclástico potente después del repliege de los glaciares mindel, del que habla Welldstedt /1956/. Mientras que Meyer/1907/ supone en los Andes Ecuatorianos doble - formación de glaciares /riss, wurm/, Sauer indica /1971/ ya - cuatro períodos fríos, parecidos a los alpinos en los que hasta en mindel se producen grandes formaciones de glaciares. - Consideramos entonces, que el glaciar del valle Río Pita y -- Limpio Pungo pertenece a mindel. La planta de bajo, surcada por él debería pertenecer entonces al período viejo-pleistoceno o a un período más viejo todavía, lo que corresponde con su clasificación hipotética en la fase principal del período de plioceno. Según Sauer /1971/ esta se ha demostrado en los Andes por el nacimiento de volcanos bajos de dacita, lo que - correspondería al carácter de un glaciar llano y no demasiado móvil. Es muy probable que los valles citados han sido utili

zados por los glaciares del período riss-posterior, considerado /Weldstedt 1956/ como el más fuerte de los Andes. Es muy probable que antes de la formación de los glaciares en el período riss, principalmente el valle Rio Pita ha sido completamente llenado por los piroclásticas del complejo Morrurco/ mindel-ress/ cuyos restos encontramos en ambos bordes del valle.

En el período riss/wurm interglacial/ ver el capítulo de Geología y petrografía/ han sido echadas fuera grandes cantidades de piroclásticas, las llamadas " formaciones toba-obsidianas" clasificadas en el presente trabajo como pertenecientes al complejo Ingaloma. La clara piroclástica de este complejo se encuentra en presencia aislada igualmente en la parte derecha del valle Rio Pita. Sin embargo parece que han sido depositadas aquí como depesiciones glaciofluviales. En este caso podrían tratarse de la actividad del glaciar wurms, no demasiado potente, el que podría parecerse, gracias a su - movilidad restringida, a un glaciar continental minúsculo y - destacarse con fuerte sedimentación de las deposiciones glaciofluviales. En esta etapa de evolución se formaron quizás --- cientos de pequeñas colinas redondas las que en su forma recuerdan drumlinas disminuidas/dimensiones, 20 metros máxima, altitud 10 metros/ y que cubren el fondo llano del Rio Pita- más al norte fuera de la zona cartografiada sin que a su genesis fuera dedicado mayor interés. Después del retiro del glaciar wurms se ha formado un lago en la zona llana del altiplano Limpio Pungo mientras que el valle Rio Pita siguió existiendo como un valle fluvial, desaguado esta zona hacia el norte en la depresión interandina.

En el último período post-glaciario se formó el cono jóven de Cotopaxi. La formación de glaciares ya conservó el carácter de glaciar culminar, el que en el período pots-glacial se extendió de 500 hasta 700 metros más abajo en el glaciar - culminal actual. Es interesante que la "andesita principal", modulada por este glaciar se encuentra también en las modulaciones morfológicas actuales /cota Hielo/. Es probable que este glaciar no produjo ningunas lenguas glaciales importantes formantes los valles glaciales pero que cubría y modelaba de manera uniforme la cumbre completa.

El glaciar reciente de Cotopaxi cubre la cumbre desde la altitud de 4.700 metros en el promedio. Sus límites vacilan en dependencia a la posición geográfica. En el oeste y sur-este baja por influencia de precipitaciones frecuentes provenientes del valle de Amazonía hasta la altitud de 4.500 metros, en las pendientes nor-oeste sube hasta la altitud de 4.800 metros. Se trata del llamado glaciar de nieve endurecida /firme/ que no produce lenguas glaciales debajo del límite de nieven endurecida. Su zona de recolección es toda la superficie y es de forma cóncava, en diferencia de las zonas convexas de recolección de los glaciares alpines. Los autores más antiguos /Reiss 1872, Meyer 1907/ indican datos sobre la superficie lisa del glaciar causando este hecho por ejemplo a Reis - dificultades en la subida al volcán. La expedición nuestra ha encontrado el glaciar culminar con la superficie de la nieve endurecida solamente. A la morfología de tipo de la nieve endurecida de las partes culinantes del glaciar de Cotopaxi se ha dedicado muy detalladamente Meyer /1907/.

En los mapas más antiguos /Wolf 1878, Stubel 1897/ figura claramente también la formación glacial de la cota Morrurco. El mapa posterior /Meyer 1907/ ya no indica esta formación de glaciares. En la actualidad el relicto rocose Morrurco se encuentra ya completamente desprovisto del glaciar pero con vestigios visibles de la modulación glacial.

La morfología del volcán ha sido fuertemente influída - por la actividad volcánica. Complejos más viejos y su influencia han sido discutifos ya en el capítulo sobre la geología. En la morfología del joven cono se ha destacado fuertemente la influencia de las efusiones del llamado andesita -- principal/ complejo Cotopaxi/. Es típica para estas efusiones su división vertical en planos peldañosos. Los bordes - de los planos están formados por los frentes de las corrientes de lava. En la zona de Cotopaxi /principalmente en las pendientes norte y nor-este/ se distinguen los siguientes planos de lava, parcialmente ya enterrados.

3.700 - 3.760 metros sobre el nivel del mar - nivel más bajo constatada /Chileahuaicu/

3.780 - 3.830 metros sobre el nivel del mar - relieve de superficie /relictos en la parte septentrional -

de Cotopaxi - Ingaloma/

3.860 - 3.920 metros sobre el nivel del mar - relieve de superficie en las pendientes septentrionales de Cotopaxi/ los frentes de las corrientes de lava forman los bordes meridionales del plano -- Limpio Pungo/.

3.940 - 4.040 metros sobre el nivel del mar - en la parte nor-este de Cotopaxi / zona de Ventanillas, Pucahuaycu/.

4.040 - 4.120 metros sobre el nivel del mar /4.060 - 4.180 - metros sobre el nivel del mar respectivamente en la parte occidental/ - el plano en la parte oriental de la zona Mauca Mudadero con un desarrollado campo de thufuro.

4.080 - 4.200 metros sobre el nivel del mar - en la parte sur-este de Cotopaxi.

En los barrancos de las pendientes, en los cañones, las corrientes de lava descubiertas de esta generación forman peldaños morfológicamente destacados /ver la tabla/. DE la concentración del relieve superficial en las partes septentrionales de Cotopaxi y de la frecuencia de los peldaños en los barrancos condicionados por las efusiones de lava de bloques - se puede deducir la prevalencia de estas efusiones en las zonas nor-oeste, septentrionales y principalmente nor-este de Cotopaxi. La cubertura posterior por las piroclásticas /ceniza, tefra/ no está compacta y borra parcialmente el relieve - de superficie de las corrientes de lava. En los planos se -- forman frecuentemente cuencas sin desague, muy llanas y húmedas con la cobertura de vegetación bien desarrollada/ estrato superficial de céspedes y gramineas/. Es característico para estas localidades el relieve de tierra montecilloso -thufuros/ parte oriental de Cotopaxi - Mauca Mudadero/.

D. 1. SISTEMAS HIDROGRAFICO DE LA ZONA ESTUDIADA

Por el territorio del volcán de Cotopaxi pasa la arista hidrográfica del recento entre el Océano Pacífico y Atlántico.

Hacia el norte de Cotopaxi, esta arista conserva el transcurso norte-sur aproximadamente y está formada por la Cordillera Occidental/ cotas Cayambe, Pamba-Marca, Filocorrales, Sin--

cholagua y Cotopaxi/. En esta parte septentrional, la pendiente oriental de Cotopaxi está desaguada hacia el valle de Amazonía, la pendiente occidental hacia la depresión interandina y de allí por el río de Guayallabamba hacia el Oceáno Pacífico. Sobre Cotopaxi la arista voltea bruscamente y directamente hacia el occidente tras las cotas de Cerros de Chaupi e Ilinizas hacia la Cordillera Occidental. Esta línea divisoria de la depresión interandina ha funcionado probablemente ya desde el comienzo del período terciario, cuando una cuenca acentuada de Latacunga-Ambato se ha formado al sur de la arista citada. /Levis 1956/. En la cota Ilinizas, la arista voltea de nuevo en la dirección norte-sur y está formado aquí por la Cordillera Occidental. La depresión interandina/ la cuenca Latacunga-Ambato/ está desaguada por el río de Pastaza, el que penetra la Cordillera Oriental cerca de la ciudad de Baños y sale hacia el valle de Amazonía.

Esta arista hidrográfica transcurre el complejo actual de Cotopaxi aproximadamente en la línea; la limitación sur-oeste del plano Limpio Pungo, la cima de Cotopaxi y el cierre sur-este del Valle Río Pita/ fachinal Lagos de Cajas/. En el período de la formación del cono joven se produjeron cambios de esta arista hidrográfica en el territorio del valle Rio Pita. Como los más antiguos se pueden considerar los relictos del valle de orientación norte-sur, por el que la zona de Potrerillos y Ventanillas ha sido desaguada hacia el valle de Rio Pita. Mauca-Madero o Hielo, situado más al este, conservan la orientación de los valles este-sur-este/ relicto de un valle de 100 metros de ancho cerca de Hielo/ y han sido desaguados probablemente hacia el valle actual de Tamboyacu. Con la desaparición sucesiva de piroclásticas en el valle de Rio Pita y la disminución consecuente de la base de erosión se produce la división sucesiva de los sedimentos piroclásticos originalmente compactos de este territorio en elevaciones aisladas /zhumbas - Ventanillas/. Las etapas individuales de la profundización y división succesivas se encuentran conservadas en forma de niveles bien comparables en las colinas aisladas.

La erosión retroactiva de los afluentes de Rio Pita en la Zona de Pucahuaycu causa la derribación de la mayoría de los valles originales de orientación norte-sur y la formación de una nueva red de valles orientados al oeste-norte-este.

Se produce igualmente un desplazamiento de la arista entre Rio Pita y Rio Tamboyacu/ es decir también la arista hidrográfica estre el Océano Pacífico y el Océano Atlantico/ hacia el sur.

Mauca Madero, originalmente desaguado hacia el sur se encuentra así en la cuencia de Rio Pita. Los valles originales de orientación este- sur-oeste se voltean en la orientación - este-norte-este. El valle quebrado y nuevamente profundizado de Rio Pita está en el período de heloceno nuevamente llenado por las avenidas y piroclásticas. Esporádicamente se produce una barrera en alguna de las barrancas activas, formándose allí un pequeño lago/ al sur de Mauca Mudadero/.

D. 2. SEUDO-KARST EN LAS ERUPTIVAS VOLCANICAS NO SONSOLIDADAS.

En la zona Zhumbas, Ventanillas, Mauca Mudadero y en la dirección occidental de la localidad Sacha se presenta un relieve con modulación típica de seudo-karst en los sedimentos no consolidados. En su mayoría se trata del territorio de carácter de meseta con fuertes deposiciones de piroclásticas/ aglomerados, ceniza volcánica/ o con deposiciones en las avenidas. Agua proveniente de abismos llevedizos, de los caño-- nes no profundos o de los valles situados más arriba, se empapa en este conjunto de estratos perfectamente permeables. En los planos sin desague se produce la hunidización sucesiva asentándose al mismo tiempo los sedimentos y formándose los lagos /el teritorio al oeste de Sacha/. La asentación de los - sedimentos es inegal debido a la distribución inegal del material piroclástico o debido también a diferente potencia, diferencia causada por la inegalidad primaria de la tabla de bajo impermeable, formada generalmente por las corrientes de lava de bloques de generación más antigua. En los lugares donde la asentación es más rápida, se producen huecos, los que - sucesivamente pueden elargirse o llenarse de nuevo. La pro-- fundidad de los huecos alcanza maximalmente dos metros, el ancho cerca de cinco metros.

Una modulación algo diferente del relieve seudo-karst se presenta en la localidad Ventanillas -Zhumbas, donde la sumersión de las corrientes en las pendientes se produjo como consecuencia de la reducción rápida de la base de erosión del va

lle /Rio Pita/. Las corrientes subterráneas manan aquí en la pendiente del valle profundo. El transcurso de la modulación seudo karst está aquí más ráido, formándose al mismo tiempo - toda una serie de fenómenos seudo-karst/ huecos embudosos de diámetro de 10 hasta 20 metros y profundidad de 10 metros, unidos frecuentemente en valles irregulares o depresiones embudosas más grandes/.

En la localidad de Chilcahuayou, al nor-oeste de Ingaloma existe tercer tipo evolutivo del seudo-karst de Cotopaxi. En la peña del cierre de una profunda barrenea erosiva/afluente de Rio Pita/ puesto en las deposiciones dl ancho valle de orígen glacial/Limpio Pungo/ se encuentran conservadas viejas fuentes seniles con una caverna que tiene 10 metros de longitud. La fuente actual se encuentra en una base de aglomerados lapillosos de pómez en una tabla de alto asentado del aglomerado cenizo-lapilloso. Junto con esta fuente se ha creado igualmente una caverna, de forma de un portal/ larga de 3 metros, ancha, 1,5 metros y altitud de 2 metros/. Otras fuentes, no tan importantes son de detritos de piedras.

La fuente contiene aguas glaciofluviales que corren por el cañón de la localidad Jilín. Estas aguas se empapan en - los sedimentos permeables al oeste de la cota Ingaloma a unos 2.000 metros de distancia de la fuente. Su sumersión no se - - debe a la disminución de la base erosiva, consecuencia de la penetración de Rio Pita en mayor profundîdad, sino principalmente al cubrimiento alternativo del valle Limpio Pungo por el material de avenidas y piroclásticas. Entre la vase de -- Limpio Pungo y Rio Pita se produce una diferencia de la altitud, nivelada por la bajada sucesiva de la propia fuente. -- Los corredores cavernosos y las cavernas se forman entonces por el flujo del sedimento.

La sumersión de las corrientes superficiales por la co-- bertura se produce también en las pendientes de Cotopaxi/ en las pendientes nor-oeste, por ejemplo/. La fuente aparece en un lugar donde la superfície nueva del terreno está cruzada por la línea del desnivel. Al sur-oeste de Sacha ha sido encontrado un calado de 2 metros de profundidad y de 1-1,5 me-- tros de diámetro. Continúa por un corredor cavernario en forma de túnel estrecho en los sedimentos no consolidados y sale después de 50 metros aproximadamente. En la cercanía de la

fuente se encuentran dos depresiones del terreno.

El grado de la actividad de los fenómenos seudo-karst, - creados en las corrientes sumersivos, depende de las condicio nes climatológicas en las zonas ablativas de las lenguas glaciales.

D. 3. CORRIENTES DE BARRO - AVENIDAS

En el período de la actividad eruptiva del volcán se pro duce el deshielo del glaciar culminal formándose el mismo -- tiempo las corrientes de barro - avenidas. La relación temperal entre las deposiciones de avenidas y las erupciones demuestra la alternación de estratos de material aluviado con - piroclásticas in situ en los perfiles de los sedimentos más jóvenes en la zona Limpio-Pungo - Campamento Mariscal Sucre/ ver /. Los sedimentos de las avenidas tienen carácter de deposiciones glaciofluviales. Su material, seleccionado por la gravitación en los lugates de flujo retardado, forman piroclásticas de varias dimensiones, cenizas, moles de lava vieja y morenas disueltas.

En los perfiles se encuentra frecuentemente un viejo relieve enterrado. El período de la actividad volcánica acen-- tuada comienza y se termina generalmente por la deposición de las conizas volcánicas. Entre estas conizas se realiza la se dimentación de piroclásticas de tipo lapilloso y de propias - avenidas. En el curso de una larga erupción, la sedimentación de las avenidas está frecuentemente interrumpida por una corta deposición del material piroclástico. En su flujo, las avenidas en general siguen los valles ya existentes, los cañones. Más recientemente se encuentran cubiertas por los sedimentos jóvenes glaciofluviales, de color rojo. Al desembocamiento de los cañones forman conos de aluviones.

D. 4. LA MODULACION DE LAS PENDIENTES DE COTOPAXI POR LOS CAÑONES.

Las pendientes del cono central de Cotopaxi bajan en sur oeste y en occidente hasta en la depresión interandina, en la altitud de cerca de 3.000 metros. En otras partes se encuentran limitadas por las pendientes de los volcanes vecinos Ru-

miñahui, Sincholagua y Quilindaña y bajan hasta la profundidad de 3.800 metros como máximo. En la parte culminal del declive de las pendientes alcanza hasta 40°. Las pendientes están surcadas por los barrancos. En la altitud de 4.400 metros aproximadamente los barrancos pasan generalmente en profundos abismos hasta canones. Las crestas entre ellos están formadas mecánicamente por las corrientes de lava desintegrantes de generaciones más antiguas, cubiertas por tefras solifluidas las más jóvenes. Los barrancos y los abismos conservan el perfil característico de una V aguda, los cañones, en lo contrario, tienen el fondo llano por el que las aguas glaciares del recento derrubian un nuevo canal.

Debajo de las pendientes de los cañones se acumulan fuertes masas de detritos de piedra y en el material descompacto se producen frecuentes desprendimientos de tierra. Son típicos estos despendimientos de tierra en la pendiente oriental de Cotopaxi donde las pendientes se ven afectadas primero por los barancos o por la formación de una serie contínua de zonas de colección. Siguèn desprendimientos de corrientes y finalmente se producen grandes desprendimientos superficiales.

Los barrancos, abismos y cañones funcionan frecuentemente como caminos para los flujos de lavas más jóvenes.

En la altitud superior de 4.200 metros predomina la modulación glacial de los cañones y de sus cierres. Son típicos los cierres en forma de cuenca o circos respectivamente. La altitud de su presencia se puede comparar con los movimientos y diferencias en los límites de las nieves perpétuas, encontrándose éstos lo más bajo en la parte oriental y los más alto en la parte nor-oeste y sur-oeste /ver arriba/. Los más bajos cierres cuencosos se encuentran en la parte oriental en la altitud de 4.300 hasta 4.400 metros, en la parte occidental en la altitud 4.680 hasta 4.720 metros.

De los fenómenos criopedológicos se presentan en Cotopaxi más frecuentemente las tierras azoteadas en las pendientes norte-oeste y en las colinas de Zhumbas y los campos de Thufuru, principalmente en la zona oriental. La dimensión de los thufuros vacila de 0,5 hasta 0,8 metros, frecuentemente con la prolongación del eje en la pendiente.

D. 5. LA SEDIMENTACION COLILEA

La sopladura de los componentes polovorosos finos y de - la arena fina se produce principalmente en la zona septentrio nal y del nor-oeste del conjunto de Cotopaxi. Es corriente la corosión selectiva de los estratos descumbiertos en los -- perfiles de las peñas de los cañones. El material soplado se deposita en forma de amontonamientos en las pendientes opuestas, en las pendientes meridionales del volcán vecino de Rumi ñahui, por ejemplo. Frecuentemente forma terraplenes alongados en las pendientes de Cotopaxi o se amontonan en las partes setavenas de los barrancos.

D. 6. MORFOLOGIA DEL CRATER DE COTOPAXI

El cráter de Cotopaxi es de diámetro de 800 metros. La profundidad de todo el cráter, desde la cumbre /5.897 metros/ es de 334 metros, desde el terrapleno limítrofe en el occi-- dente 226 metros. El cráter es doble la profundidad del crá ter externo desde la cumbre es de 212 metros, desde el terra pleno limítrofe occidental de 104 metros. La profundidad del propio cono interno es de 122 metros. En el cráter se pueden distinguir: la cresta limítrofe exterior en la parte oriental y meridional. Está relativamente estrecha, con la peña - interna empinada. Al norte pasa en el terrapleno exterior de la cumbre. En el occidente el terrapleno exterior de la cumbre se encuentra disminuido en comparación con el terrapleno de la cumbre de más de 100 metros. El declive más moderado - de la peña interna del terrapleno exterior se encuentra en la parte occidental/hasta el terrapleno interno/. El terrapleno medio del cráter se encuentra desarrollado solamente en la - parte oriental y septentrional del cráter entre el terrapleno exterior de la cumbre y el terrapleno interno. El terrapleno interno bordea como un anillo el cráter interno. Su ancho - es más grande en la parte sur-este. El cráter interno tiene un diámetro de 250 metros aproximadamente. Las peñas del crá ter son empinadas/ principalmente las peñas cubiertas del -- hielo/. La cobertura por el glaciar es mayor en la parte sep tentrional y oriental del cráter. La parte occidental/ el te rrapleno exterior/ se encuentra sin cobertura de hielo debido a la calentación de toda la parte occidental externa del cráter por exhalaciones calientes. Las exhalaciones gaseosas se concentran en el cráter interno en las partes septentrionales

u orientales respectivamente.

D. 7. PERFILES DE PIROCLASTICAS CON DEPOSICIONES FLUVIOGLACIALES.

Dentro de los trabajos realizados por el grupo geomorfológico, han sido documentados algunos perfiles más importantes de piroclásticas con deposiciones fluvioglaciales. Sin embargo el material recogido está bastante limitado - debido a falta de tiempo - y no parmite sacar conclusiones más importanes. La documentación adjunta al presente trabajo puede servir como punto de apoyo para un estudio más detallado de estos problemas en la zona del volcán de Cotopaxi,

E. LA ACTIVIDAD HISTORICA Y ACTUAL DEL VOLCAN COTOPAXI

/Acomodado según los datos de la International Association of Volcanology/.

La actividad del volcán Cotopaxi en el pasado geológico puede ser reconstruida según los datos de la investigación geológica y geomorfológica /ver más arriba/. Los productos de las erupciones, históricamente documentadas, lasa que citamos más abajo, forman el piso más jóven del complejo de Cotopaxi. se trata sobre todo de lavas básicas de nata de composición de andesita piroxenica amfibolica o andesito piroxeno-olivinico hasta basaltos y elas tefras correspondientes lapillosas o de conizas.

1532 - 1534 explosión con efusión de lava, destrucción de la tierra laborable. Detonaciones se oían hasta una distancia de 600 kilómetros del volcán.

1738 - 1741 Algunas erupciones

1743 - 1744 fuertes erupciones, en las pendientes septentrionales y orientales se produjeron corrientes de barro, la ceniza fina cubrío vastos alrededores.

1746 - 1750 nemores explosiones

1766 fuerte explosión corrientes de barro en las pendientes occidentales.

1768 Fuerte explosión con flujo de lava, corrientes de barro destructivos hacia el occidente, norte y o-

riente, un vasto territorio cubierto por lapillosos, las nubes de ceniza hasta 270 kilómetros hacia sur-oeste.

1803 fuerte erupción, el humo subió hasta 8.000 metros, detonaciones se oían en la distancia de 250 Km. del volcán.

1844- 1852 algunas erupciones y flujos de lava

1853 Fuerte erupción, explosiones de bombas y lapillos, efusión de lavas, se formó una corriente de lava Manzanahuaico, e kilómetros de largo, con 27 mil. m3 de lava en las pendientes occidentales.

1854 - 1870 algunas explosiones y flujos de lava, se produjeron corrientes de lava Diazohaina en la parte noreste y Chirimachai en la parte oriental.

1877 La actividad más fuerte de Cotopaxi en la historia. Flujos de lava, fuertes explosiones, erupciones de cenizas, desprendimiento de cantidades de bombas de lapillo. La lava perforó el borde del cráter y salió a todas partes. La columna del humo alcanzó la altitud de 10 kilómetros sobre el cráter, la ceniza apareció a 334 kilómetros al sur- oeste del volcán. Las detonaciones se oían a la distancia de 350 kilómetros. Se produjeron corrientes de barre destructivas, devastando la región en los alrededores hasta la distancia de 100 kilómetros del volcán. Destruyeron completamente la aldea de Mulalló y una parte de la ciudad de Latacunga. se formaron las corrientes de lava Pumauco en la parte nor-este, Pucahuico en la parte oriental, Yana Sacha en la parte nor-oeste y Tauripamba en la parte septentrional. En total, cerca de 200 millones de m^3 han sido echados fuera, neuvos estratos de tefra en las pendientes alcanzaron la potencia hasta 1 metro.

1878 - 1879 Explosiones de ceniza, flujos de lava

1880 Fuerte explosión, la columna de la ceniza subió en un lapso de 1 minuto hasta la altitud de 12 kilómetros, La nube de la coniza alcanzó hasta 300 kilómetros al occidente del volcán.

1883 Una explosión corta, fuerte.

1885 - 1886	Explosiones, flujos de lava
1895	Corta explosión
1903	explosión de cenizas, flujos de lava y corrientes de barro
1904 - 1907	algunas erupciones
1908 - 1914	algunas erupciones, en 1914 como consecuencia del terremoto, motividad aumentada, fuertes tronadas del cráter y explosiones de cenizas.
1922 - 1926	erupciones débiles
1931 - 1940	erupciones débiles
1942	fuerte erupción con corrientes de barro
1972	actividad débil de los fumaroles /4 fumaroles en la peña del cráter 80°C/.

F. CONDICIONES CLIMATOLOGICAS

Dentro de la cartografía geomorfológica de Cotopaxi hemos realizado entre 26.8 hasta 27.9.1972 observaciones meteorológicas en la estación construída en el campamento de base. Hemos medido la temperatura del aire, la humedad relativa, la presión barométrica. Hemos utilizado instrumentos con registración semanal/fermohidrógrafo Metra Praha, barógrafo RDA/. De forma irregular hemos medido la temperatura de la tierra y la velocidad del viento/ con anemometro de la RDA/. Para las mediciones fuera del campamento hemos utilizado el psicrometro PLR /Polaco/. La evaluación estadística de los valores obtenidos y su expresión gráfica caracteriza hasta cierto punto las condiciones climatológicas durante la estancia principal de la expedición en el campamento principal respectivamente de sus alrededores en el territorio con situación parecida en las pendientes de Cotopaxi. Para obtener una característica más general del clima de Cotopaxi, hemos adquirido, para la elaboración estadística, valores mensuales y anuales elaborados por el Servicio Nacional de Meteorología o Hidrología en Quito. Se trata ante todo de las mediciones realizadas en la estación de III órden Nor-oeste Cotopaxi en la altitud de 3.590 metros/ 3.560 metros respectivamente/. He tomado en consideración también otras estaciones pero no las he incluído en la elaboración estadística: estación del III órden Rio Pita - Hacienda Pedrogal al norte de Cotopaxi/ no. 13 - 35/ y la estación de IV. órden Loreto Pedrogal/13-34/, Mariscal Sucre/60 -3/ y Hacienda Caspi

La estación A - Cotopaxi 60 - 39/ Dirección General de Bosques de III. órden,

Coordenadas de la estación: 78°34´ l.g. occid. /hasta 1970/ -
78°33´ l.g. occid. /ahora/
00°37´ anch. g. sur /hasta 1970
00°38´ anch. g. sur/ahora/

La altitud sobre el nivel del mar de la estación ha sido hasta el año 1970 de 3.560 metros, ahora se indica la altitud de - 3.590 metros. La estación está situada en el terreno de la Hacienda Cotopaxi, cerca de 16 kilómetros al nor-oeste de la cima de Cotopaxi, en las pendientes sur-oeste de Rumiñahui. Los datos más precisos, anotaciones de las mediciones y su evaluación estadística se encuentran en el "Anuario Meteorológico" - publicado anualmente por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, o en el mensual "Boletín Climatológico" respectivamente.

La estación B - campamento de base la Expedición Cotopaxi 1972

Coordenadas de la estación: 78°28´20" l.g. occid.
00°36´30" anch. g. sur

La altitud sobre el nivel del mar es de 3.890 metros. La estación está situada a 9 kilómetros en dirección nor-noroeste de la cima de Cotopaxi en la pendiente sur-occidental de un barranco erosivo seco en la pendiente sur-este de Rumiñahui. La estación se encontraba durante todo el día en la sobra, penetrando el sol la barranca solamente en mediodía. La estación construida en la pendiente ha sido orientada hacia nor-oriente, la exposición cóncava siendo influida por la poca profundidad de la barranca y por la situación de la estación cca 20 metros -- del desembocamiento de la barranca en la parte nor-occidental del plano de Pampa de Limpios. Para las mediciones de la velocidad del viento la situación de la estación no fue la más favorable en vista de la altitud del terreno. Con cierta limita-- ción se han demostrado aquí solamente los vientos provenientes del sur-este o del este. Las mediciones fuera de la estación han sido realizadas en la altitud de 4.800 metros /Refugio/ en la cima de Cotopaxi/5897 m/ y en el fondo del cráter/5.562 metros/.

En el territorio del Ecuador se pueden distinguir las zonas - climatológicas siguientes:

- clima tropical - húmedo /el valle de Amazonía - zona de -- fuentes, la parte oriental del Ecuador/.
- clima tropical de monzones /Norte-Sur zona en la costa occidental del Ecuador
- clima tropical de sabanas /zona costeña/
- clima seco /Cabo de St. Elena, algunas zonas limitadas en la parte central de los Andes
- Clima mesoermo húmero - pendientes orientales de los Andes con zonas de los máximos de precipitaciones atmosféricas/.
- Clima mesotermo semihúmedo / pendientes occidentales de los Andes, en la parte central/.
- Clima de páramo/ en la zona ecuatorial en la altitud de -- 3.500 metros en la parte central de los Andes.

La estación A y B se encuentran, por su situación en la - zona del páramo. La zonalidad climatológica, propia a Cotopaxi difiere en cierto punto de la zonalidad en los alrededores. Sale evidente este hecho cuando se observa la zonalidad de la vegetación. Los bosques montañosos, evidentemente vegetación-original hasta la altitud de 3.700 - 3.800 metros /límite co-- rriente en la parte ecuatorial de los Andes / se encuentran aquí conservados solamente en relictos, siendo oprimidos, hoy - también en los niveles más bajos, por la vegetación predominante de páramo, típicos más bien para las altitudes superiores a 3.800 metros. El límite superior del páramo está igualmente - desplazado más abajo cerca de 300- 400 metros, en las altitudes cerca de 4.400 metros. En las zonas más altas, hasta el - límite de las nieves perpétuas, predominan líquenes.

F. 1. CONDICIONES DE LA TEMPERATURA

La comparación de los datos sobre la temperatura /promedios mensuales, los máximos y los mínimos en los años 1930 - 1971 demuestra en la estación A condiciones de la temperatura - bastante estables a pesar de que aparecen las diferencias relativamente grandes entre los máximos y los mínimos. El promedio del valor medio mensual de los máximos de la temperatura vacila desde 13,4°0 hasta 14,2°C, de los mínimos de la temperatura entre2,2°C hasta 3,5°C, los mínimos absolutos desde -0,2 hasta - 4,8°C. En el año de 1970 los máximos mensuales tenían el va--

lor de 17,0 hasta 17,8°C, los mínimos mensuales de -0,3°- +2,0° C, presentándose los días con helada/ con los mínimos de la -- temperatura bajo -0,1°C/ en el mes de Agosto. La estación Rio Pita/altitud sobre el nivel del mar 3.869 metros/ ha acusado - los máximos mensuales más bajos, desde 11,6° hasta 14,6°y los mínimos desde +0,5°hasta -4,2°C, siendo los meses sin días de helada solamente el mes de Abril y Septiembre.

Para la comparación con la estación B/ campamento de base/ he tomado en consideración los datos de los años precedentes - solamente los que concernen los meses de Julio y Agosto/ ver tab. 3/. Los valores medios obtenidos en la estación B se a-- cercan a los valores medios de la estación A de los años 1930 hasta 1971, mientras que en comparación con los valores de los años 1970 y 1971 son más bajos. Los valores medios máximos - son, en lo contrario, más altos y los mínimos del mes de Agos- to más bajos. El aumento típico de las diferencias entre los valores máximos y mínimos correspondiente al aumento de la altitud sobre el nivel del mar es evidente entre las estaciones A y B.

En la estación B las temperaturas alcanzaban su máximo - regular cerca de las 10 horas a.m. Después se producían disminución moderada. Después de las 14 horas p.m. la temperatura bajó bruscamente hasta las 18- 19 horas p.m. Esta disminución de la temperatura ha sido acompañada frecuentemente por el empeoramiento de las condiciones climatológicas/tempestades, -- lluvias, nevadas, granizo/cuando las pendientes de Cotopaxi se cubrieron de nieve 200 - 300 metros debajo del límite de las nieves perpétuas, en algunos casos/ a fines del mes de agosto/ hata a Limpio Pungo/cca 3.800 metros/. Las temperaturas de la tarde y de la noche no han acusado vacilaciones más marcantes del promedio de algunos grados sobre zero. Los mínimos de la temperatura se han presentado más frecuentemente alrededor de las 5 - 6 horas de la mañana, raras veces a medianoche. Como antípico se puede considerar el aumento de la temperatura a las 24 horas el día 1° de Agosto. Desde las seis de la mañana a-- proximadamente la temperatura subió rápidamente hasta su máximo de 18°C. Antes de la culminación de esta tendencia fre--- cuentemente se produjo también el empeoramiento de las condiciones, pero no tan marcante como por la tarde. Los cambios - bruscos en las horas matinales y en la tarde son concecuencias de la inversión de temperatura, típica para estas zonas de los

Andes Ecuatorianos. La inversión de temperatura está confirmada por la comparación con la estación A/medición a 07,1319 horas, dibujo 3/ cuando las temperaturas matinales de la estación B son superiores en general, igual que las temperaturas de mediodía, a pesar de frecuentes irregularidades, solamente las tempetaruas nocturnas de la estación B son más bajas. Como día con la inversión consideramos el día en que la temperatura en la estación situada más alto fue superior que la temperatura situada más abajo. Conforme a la diferencia de las temperaturas, la inversión en Cotopaxi puede ser clasificada como débil/diferencia de 0,1 hasta 3.0°C/ hasta mediana/ diferencia de 3.1 hasta 6,0°C/. La diferencia máxima ha sido 11° C/26.7. respectivamente 14,2°C/20.8. La temperatura diaria promedia la más baja fue 5,4°C/2.8., la más alta 9,2/31.7. Durante el período de las mediciones se han presentado un total de 8 días /todos en el mes de Agosto/ de hielo con la temperatura mínima de -0,7°Tab. 1./. La temperatura máxima anotada fue de 21,8°C.

F. 2. LA HUMEDAD DEL AIRE

La humedad relativa, en sus valores indirectamente proporcionales a los valores de la temperatura, alcanza grandes diferencias en el terreno de altas montañas. De la tabla 3, pero también de la tabla 1, es evidente la disminución general de la humedad en la estación B en relación con la estación A y en relación a mayor altitud sobre el nivel del mar. La disminución de la humedad aparece allí donde la estación A demuestra valores inferiores de la temperatura /mediciones matinales y de la tarde /. Mayor altitud sobre el nivel del mar de la estación B se demuestra también por mayor diferencia de los máximos y mínimos diarios de la estación B en comparación con la estación A. La diferencia máxima diaria de la estación ha sido de 71%, mínima de 36%. La humedad relativa mínima ha sido medida el 8 de agosto - 13% y correspondía a la humedad constatada en la cumbre de Cotopaxi a las 13,00 horas p.m. el día 6 de agosto/ 15%.

Comparación de las mediciones complementarias de la temperatura y de la humedad en Refugio/4.800 m/ y en la cumbre de Cotopaxi /5.897 m/

Temper.	03 h.	13 h.	16 h.	19 h.	humedad	03 h.	13h.	16h.	19 h.
3560 m-A	-----	13,0°	-----	7° C		----	83%	---	100%
3.890 m-B	+3,0°	13,5°	9,5°	5° C		76%	36%	56%	71%
4.800 m	-2,6°	-----	+2,6°	-0,4°		56%	---	53%	85%
5.897 m	-----	-5,8°	-----	-----		----	15%	---	---

F. 3. La temperatura de la tierra

Las mediciones se han realizado en la estación B en la profundidad de oca 10 cm. en las tierras que pueden ser clasificadas como tipos de arcillas formadas del material barroso-arenoso - hasta materia volcánico pedregoso. De las mediciones se desprende la reacción retardada de la tierra al aumento o a la disminución de la temperatura/ más larga calentación o enfriamiento de la tierra/ y el embotamiento de los máximos y mínimos de la temperatura que han transcurrido en Cotopaxi en un lapso tan corto que no han podido demostrarse más claramente en la temperatura de la tierra. La temperatura mínima de la tierra medida durante todo el período ha sido de +4,0°c/ alcanzada durante las mediciones matinales y de la tarde/, los máximos durante el mediodía de +12,4°C/. La diferencia máxima de las temperaturas ha sido de 7,4°C/16.8/, siendo este valor desfigurado por pequeña cantidad de mediciones.

Datos sobre las condiciones del viento

En Cotopaxi/zona de Limpio Pungo y sus alrededores/ predominan los vientos sur, menos frecuentes son los vientos norte o nor-este/ estación A/ respectivamente sur-este hasta este o sur-oeste/ estación Rio Pita.

Durante los meses de observaciones han sido principalmente los vientos siguientes:

Sur - Julio 1970, 1971 /estación A/
Agosto 1970, 1971 /estación A/

Norte - Agosto 1970 /estación A/
Nor-este - Agosto 1970/estación A/

Este - Julio 1970/estación Rio Pita/
Agosto 1970 /estación Rio Pita/

Sur-este - Julio, Agosto 1970/estación Rio Pita/

Durante los meses citados la velocidad del viento variaba en el promedio de 5,3 hasta 9,9 m/sec. con los valores más bajos en las horas matinales. Los valores medidos en la Estación B son considerablemente más ba jos, pero como ya hemos indicado, no son bastante precisos. Para la comparación: la velocidad del viento en la estación B/30.7 a las 19 horas/ ha sido 2,0, en el terreno libre de Limpio Pungo en la misma hora 5,8 m/sec. En el Refugio hemos medido a las 3,00 horas el 6 de Agosto 8,2 m/sec. y en la cumbre de Cotopaxi a las 13,00 horas 6,4 m/sec. Sobre el territorio de Limpio Pungo se producían colisionos perpétuas de vientos sur, suroeste con los vientos norte, noreste, este con temperaturas y la humedad diferentes, formándose torbellinos de aire y vientos de choque con la velocidad máxima hasta 13 m/sec.

F. 5. Presión Atmosférica

Junto con las mediciones de las temperaturas y de la humedad del aire hemos realizado también las mediciones con barógrafo de anotación semanal/ acomodado para la presión de 483-- 484 mm/. Los cambios de la presión en estas altitudes son tan pequeños que aparecen en la línea de la curva solamente como - pequeñas irregularidades poco visibles. Sin embargo, de la línea de la curva se puede fijar cierto sistema cíclico en los - cambios de la presión bien comparable con los cambios generales del clima. Los máximos de la presión se han presentado siempre cerca de las 24,00 horas, los mínimos cerca de las 16,00 horas con pequeñas disminuciones cerca de las 6,00 y de las 9,00 horas y un pequeño aumento cerca de las 8,00 horas. Los mínimos coinciden siempre con el empeoramiento de las condiciones climatológicas, lo que hemos citado más arriba. Este ciclo diario se ha mantenido prácticamente durante todo el período de las - mediciones. Cambios más importantes de la presión se han demostrado en los cambios del clima con dos o tres días de retardo. Como un ejemplo puedo citar el primer intento fracasado de la bajada al cráter, el 22 de agosto.

El mínimo de la presión y el máximo de la medianoche han sido el día 19.8. considerablemente más bajos que los valores

corrientes. A pesar de que la curva ha mostrado en los días siguientes ya valores originales, precisamente el 21 y el 22 - de agosto se produjo un empeoramiento de las condiciones climatológicas. Para el segundo intento hemos con mucho éxito fijado el período regular del máximo de la presión entre 23 - e horas matinales para la subida a la cumbre.

P. 6. Condiciones de las precipitaciones atmosféricas

Las condiciones de las precipitaciones atmosféricas no han sido anotadas en la estación B. Según los datos de las estaciones situadas en los alrededores de Cotopaxi, pertenece esta zona al territorio on el global anual de precipitaciones de 1.000 hasta 2.000 mm. el promedio de los años 1930 - 1971 hace - 1072 mm, del año 1970 1312 mm en la estación A, en la estación Mariscal Sucre/ 3.712 metros/ 1.466 mm.

Los meses de Julio y Agosto pertenecen en la zona de Cotopaxi a los meses más pobres en precipitaciones, según los promedios de los años 1930 - 1971 /cca 25-75 mm/. En el año de - 1971 en la estación A, el total de las precipitaciones hizo 31, 1 mm, en la estación Mariscal Sucre 73,8 mm, en Agosto 26,4 mm en la estación A, y 68,3 mm en la estación Mariscal Sucre. Los meses de lás máximas precipitaciones son los de Febrero, - Marzo, Abril, Mayo u Octubre respectivamente. En el año de - 1970 fue Febrero, Abril y Mayo. Los máximos son de 130 mm hasta 210 mm. Los datos resultan un poco desfigurados debido al hecho de que las precipitaciones vienen en general del sur, -- sur-este /las pendientes llovedizas de Cotopaxi/ donde no se - encuentra niguna de las estaciones del CNMH.

G. Cráter, emanaciones volcánicas y sus productos

El cráter representa quizás la parte más interesante del volcán. Es exactamente aquí, en el cráter donde se producen los cambios frecuentemente y con energía verdaderamente volcánica. Las observaciones casuales del cráter de Cotopaxi se encuentran anotadas desde el año de 1872, es decir desde la primera conquista del volcán por el hombre. En aquel período las peñas vecinas no se han encontrado cubiertas por hielo y del cráter elíptico de dimensiones 800 x 700 metros subió vapor de agua y el oxígeno sulfúrico. Observaciones posteriores y más importantes aparecen resumidas en la tabla. Hasta el período de las investigaciones hechas por la Expedición Cotopaxi, el cráter original se ha transformado en somma compuesta encontrándose el cráter interno puesto adentro. En este cráter interno se produjo, en el año de 1942, la última efusión de lava conocida/ Hantke, Papodi 1966/. En el año de 1972 tenía este cráter un diámetro de 350 metros y la profundidad de 120 - 130 metros siendo sus peñas en su mayoría cubiertas de nieve. La parte superior del cráter ha sido construída de los estratos de tefra, de potencia cerca de 60 metros saliendo las lavas de andesito de debajo de los detritos de piedras. La superficie de las rocas ha sido cubierta por un pequeño estrato de azufre.

Al pie de la peña del norte - y en el mes de septiembre en la parte occidental igualmente - subieron solfatares con H_2O, H_2S y SO_2. La temperatura de solfatares en el punto B /ver fig. texto 1/ encontrándose éste más de 100 metros por encima del borde del cráter, ha sido de 80 - 81°C el día del 2.9.1972. A parte de las exhalaciones citadas, se ha podido observar una estrecha columna de vapores de agua y CO_2 con la temperatura 9 -10°C saliendo de la boca no demasiado profunda del cráter.

Tomando las muestras de la roca en diferentes puntos en la cercanía de la solfatara B, se han podido constatar fuertes transformaciones concernientes por lo menos 20 metros. Las rocas transformadas, cuya descripción se presenta en la parte siguiente de este capítulo, tienen una disposición zonal/ fig. texto 3/.

En las pendientes de la somma, en las zonas A y C se han realizado observaciones generales. En la zona A predomina el

material piroclástico con corrientes jóvenes de lava conservadas. A comienzos de Agosto de 1972 han sido observadas aquí - emanaciones de gases sin olor, con la temperatura cerca de 40° C, mientras que en el mes de septiembre no se han observado exalaciones algunas y las peñas rocosas han sido cubiertas de -- nieve. En algunos fragmentos piroclásticos aparecieron estrechas películas de azufre y cristales de yeso, igualmente se han podido observar materiales piroclásticos considerablemente opalizados. Sin embargo resulta imposible de definir las zonas debido al desplome de la cuesta. En la zona C se encuentran las corrientes de los andesitos saliendo a la superfici-, los que no acusan transformaciones algunas con excepción de un cierto grado de oxidación.

Todas las rocas, cuyas muestras han sido tomadas en el - fondo del cráter /punto B/ acusan transformaciones y resulta difícil determinar a que tipo de andesitas pertenecen origi-- nalmente. La comparación de la composición química y mineral ha sido realizada en respecto a las andesitas más jóvenes de las corrientes de lava, es decir de lavas históricas.

Entre las rocas transformadas han sido diferenciadas dos principales opálitas y andesitas alunitizadas. Opálitas que se encuentran en la cercanía de la boca de las solfatares, -- son blancas, porosas y tienen una consistencia polvorosa o sólida. Su componente principal/cerca de 95%/ representa el ópale que forma suedomorfosas de cristales de plagioclasas. - Como se desprende de la radiografía/fig. texto 4/ tiene una disposición poco acentuada de la cristobalita de temperatura baja. Se encuentra acompañado por pequeñas cantidades del azufre nativa, anatasa, y en algunos lugares de baritina.

Las andesitas alunitizadas que aparecen más lejos de las solfatares son de color rosado-blanco, mosqueado gris, cubiertos por una materia povorosa que llena casi todas las cabernas, restos de los gases de la roca original. Las andesitas transformadas demuestran micriscópicamente una estructura de relictos perfíricos con la estructura hialopilítica de la pasta poco notable. Los cristales primarios de las plagioclasas zonales son remplazadas en las zonas básicas por ópale y menos frecuentemente por el yeso, mientras que los piróxenes acusan solo pocas transformaciones. El agregado microcristálico que -- llena las cavernitas es Na-K alunita, como ha demostrado la ra

diografía, investigaciones de temperatura y mediciones espectrofotometricos en la zona infra-roja/fig. texto 5/. El proceso de las transformaciones está indudablemente ligado al hecho de que las cavernita se llenan con azufre, ópalo, alunita y yeso. El azufre se encuentra concentrado en la boca inmediata de solfatares, ópalo y alunita en la distancia de algunos metros, el yeso llena las rajas de las rocas poco transformadas en la distancia más grande.

Mientras que las opálitas son productos de una eliminación casi completa de todos los componentes, con excepción de Si y Ti, las rocas alunitizadas se formaron por la impregnación de las cavernitas de los gases por los sulfatos Al, Na, K, es decir por el enriquecimiento de elementos transferidos de la primera zona. Calcio está colportado tras ambas zonas citadas estabilizándose después en forma de yeso. Un trabajo geoquímico detallado sobre el proceso mencionado conteniendo elementos vestigiosos será publicado como trabajo especial que está en preparación /Paulo, Narebski/.

La disposición zonal y los tipos de transformaciones constatadas en Cotopaxi, no es un fenómeno aislado. Productos casi puros de las transformaciones del ácido sílico, ópalitas, o los llamados geysíritas, como también grandes concentraciones de alunita, se conocen de grandes yacimientos volcánicos de azufre en la Japón/Mukaiyama 1959/ en la Islas Kurillas, de Kamehatka/Borisov et al 1971/, del Ecuador Putzer/1971/ y en otros lugares.

A base de las investigaciones en los laboratorios, de las observaciones en el terreno y de la comparación con los datos de los autores citados, se pueden reconstruir las condiciones generales de la transformación de las rocas citadas. Las opálitas se han formado en Cotopaxi bajo la influencia directa de gases sulfúricos calientes y soluciones muy agresivas. En diferentes estadios de fumaroles estos gases contenían probablemente Hel gasosa y han influido las rocas vecinas de tal manera que han eliminado practicamente todos los componentes - con excepción de Si y Ti.

De los trabajos analíticos de los volcanólogos soviéticos /Naboco 1963, Siderenko 1967/ se desprende que tales soluciones son muy concentradas /4-6 g/l/ y muy ácidas/ pH=1,3-1,6/.

La sedimentación de alunito, la que se produce con pH=3-5 fue posible de las soluciones neutralizadas parcialmente por alcalias transferidas de la zona de opalitización y probablemente más fria.

La estabilidad restringida de ópalo, alunito, yeso y azufre en una alta temperatura prueba que las rocas transformadas en el cráter de Cotopaxi son productos resultados después del último flujo de lava, lo que significa que su edad no supera 30 años.

El volumen de varios metros de las transformaciones demuestra la fuerte dinámica de los procesos indicados. Un factor -- que influyó su desarrollo fue sin duda el estrato de hielo que no permitió atenuir las emanaciones volcánicas por las aguas atmosféricas e impidió igualmente la evaporación de las precipitaciones atmosféricas en las exhalaciones de gases calientes de la superficie de las rocas.

L I T E R A T U R A

Hantke, G. et Parodi, I /1966/: Catalogue of the active volcanes of the world. Part XIX- Colombia, Ecuador and Peru. - International Association of Volcanology, Napoli, 1966.

Hatch, F. /1886/: Ueber die Gesteine der Vulkangruppe von Arequipy. Tschermaks Min. Petr. Mitt., Wien 1886.

Humboldt, A. von/1838/: Geognostische und physikalische Beobachtungen uber die Wulkene des Hochlandes von Quito.

Lewis, G. E. /.956/: Ecuador, Andean Geologic Province. In Jenks, F. Handboock of South American Geology.- The - geological Society of America, Memoir 65, New York - 1956.

Meyer, H. /1907/: In den Hochanden Ecuadors etc. - Berlin

Reiss, W./1973/: Uber eine Reise nach den Gebirgen des ilini-za und Cerazon etc., Zeitschrift der Deutsch. geol. Ges., XXI, Berlin 1873.

Sauer, W. /1971/: Geologie von Ecuador - Berlin 1897

Wolff, F. von/1914/: Der Vulkanismus. - Stuttgart

Wolf, T./1878/: Ausbruch des Cotopaxi am 25. und 26. Juni 1877.- Nues jahrb. Min., p. 113-176, 1878

Wellstedt, P./1965/: Das Eiszeitalter. - III Band, Stutgart 1956

* Stubel, A. /1897/: Die Vulkanberge von Ecuador - Berlin 1897.

is.

LAS NOTAS EXPLICATIVAS PARA EL DIBUJO 1

1/ Complejo Aminas
2/ Complejo Salitres
3/ Complejo Morrurco
4/ Complejo Ingaloma
5/ Las andesitas negras
6/ Las andesitas "principales"
7/ Las lavas autoclasticadas Complejo Cotopaxi
8/ Las andesitas grises, de granulación fina
9/ Las corrientes de las lavas más jóvenes
10/ Las morenas
11/ Las piroclásticas indivicas
12/ Las corrientes del barro - avenidas .

LAS NOTAS EXPLICATIVAS PARA EL DIBUJO 2

1/ El terraplen del cráter exterior
2/ El terraplen del cráter interior
3/ El corriente de la lava jovena
4/ Los relictos de las formaciones más viejas
5/ Las rocas volcánicas indivicas
6/ El pice modelado por actividad glacial
7/ La meseta en las formaciones volcánicas
8/ El cierre del valle glacial
9/ Los relictos de los grados morfológicos
10/ El valle glacial
11/ La tierra terrazada
12/ La tierra thufurada
13/ Los nunatacas
14/ El material indivice desde las morenas
15/ Los grados de erosión
16/ Los valles llenados por los sedimentos glaciofluviales
17/ Los quebradas
18/ Los quebradas profundos
19/ Los quebradas pequeños
20/ La Laguna
21/ Las corrientes del barro - avenidas
22/ Los direcciones principales de las avenidas
23/ Los conos glaciofluviales
24/ Los detritos de las piedras
25/ La región con los fuentes
26/ Seudokarst
27/ Las cabernas
28/ Los fuentes

LAS NOTAS EXPLICATIVAS PARA EL DIBUJO 3

1/ Los grados verticales, principales en el crâter
2/ Cordillera del crâter
3/ La ladera del terraplen interior
4/ El terraplen interior
5/ El terraplen medió
6/ El terraplen exterior
7/ La fumarolas
8/ Los puestos de muestraciõn
9/ El camino descendo y ascendo del fondo del crâter.

MAPA GEOMORFOLOGICA DEL VOLCÁN COTOPAXI

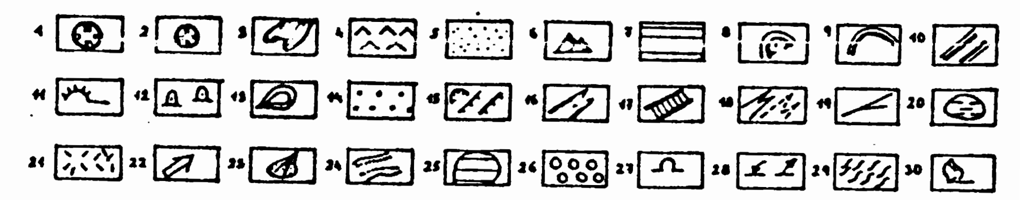
ESCALA 1:50 000

REDUCCION

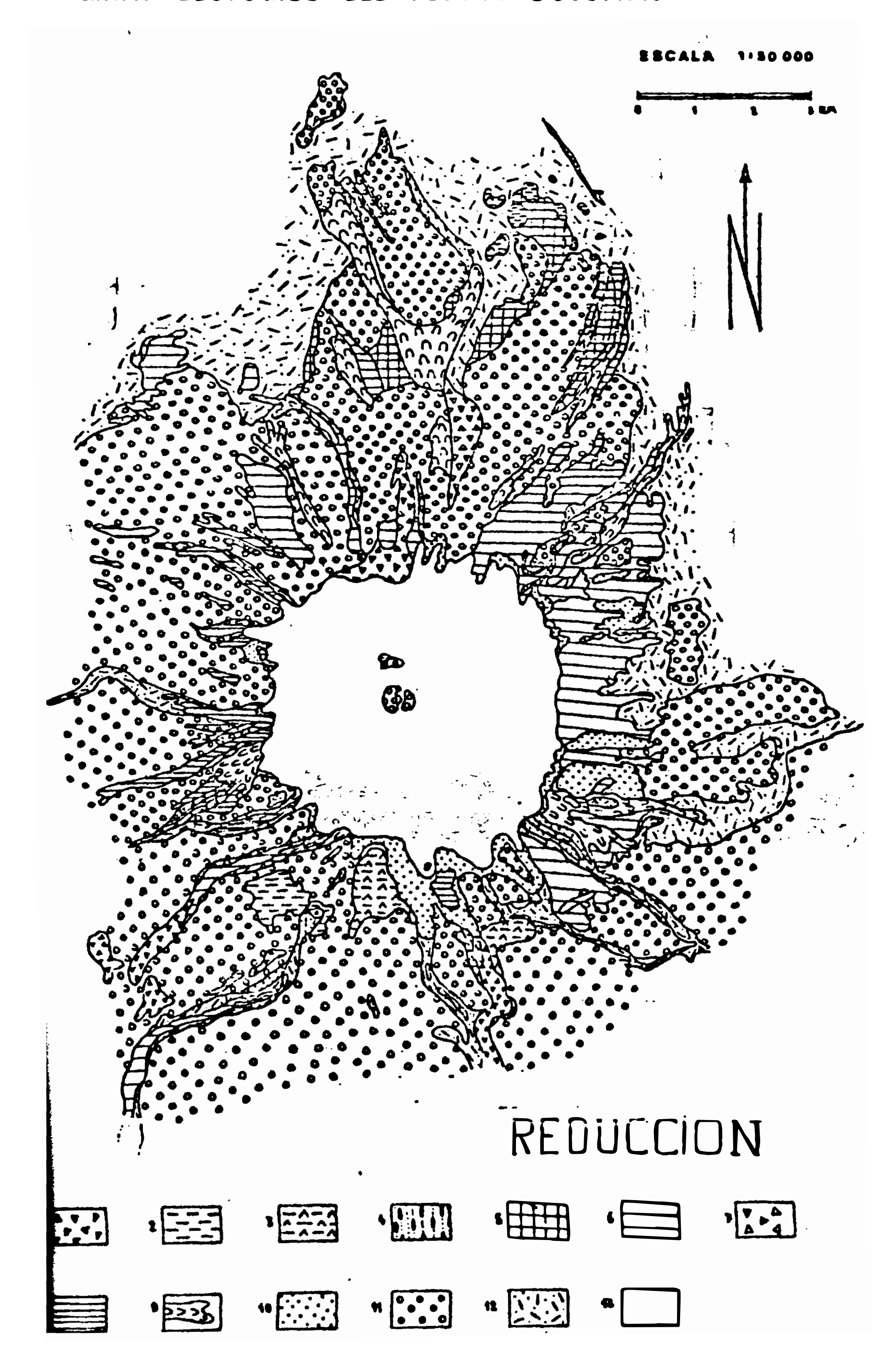
N

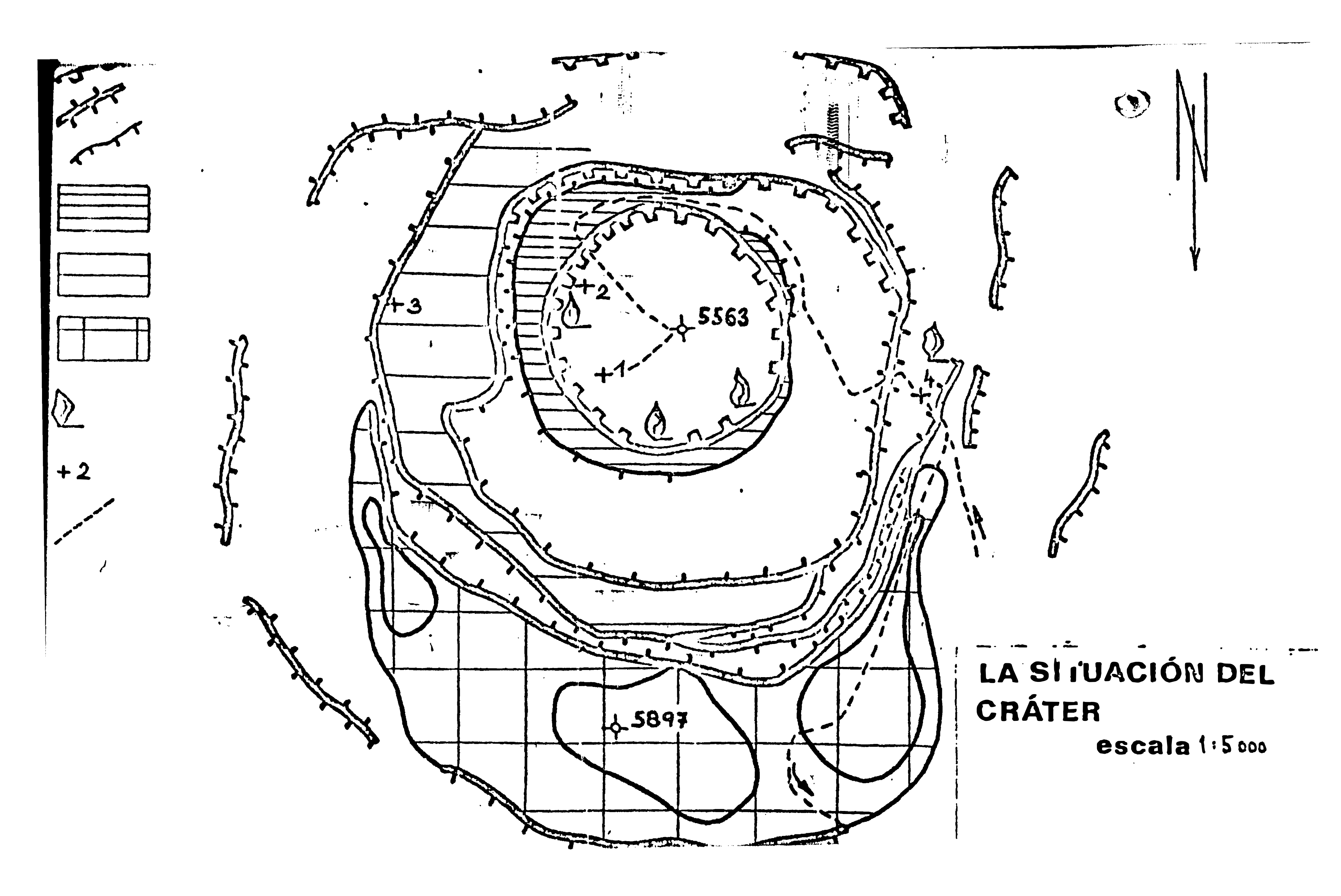
RUMIÑAHUI

COTOPAXI



MAPA GEOLOGICO DEL VOLCÁN COTOPAXI





LA SITUACIÓN DEL CRÁTER

escala 1:5 000